

DE GRUYTER
OLDENBOURG

STUDIUM

*Hans Robert Hansen,
Jan Mendling, Gustaf Neumann*

WIRTSCHAFTS- INFORMATIK

12. AUFLAGE

DE
|
G



Hans Robert Hansen, Jan Mendling, Gustaf Neumann

Wirtschaftsinformatik

De Gruyter Studium

Hans Robert Hansen,
Jan Mendling, Gustaf Neumann

Wirtschafts- informatik

Grundlagen und Anwendungen

12. völlig neu bearbeitete Auflage

DE GRUYTER

ISBN 978-3-11-058734-0

e-ISBN (PDF) 978-3-11-060873-1

e-ISBN (EPUB) 978-3-11-060920-2

Library of Congress Control Number: 2018960700

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© 2019 Walter de Gruyter GmbH, Berlin/Boston

Einbandabbildung: Imaginima/iStock/Getty Images Plus; Agrobacter/666064186/
iStock/Getty Images Plus

Datenkonvertierung und Satz: jürgen ullrich typesatz, Nördlingen

Druck und Bindung: CPI books GmbH, Leck

www.degruyter.com

Vorwort zur 12. Auflage

Das vorliegende Buch bietet einen fundierten Überblick über die Gestaltung rechnergestützter Informationssysteme (IS) in der Wirtschaft. Es richtet sich an folgende Zielgruppen:

1. Studierende¹ der Wirtschaftswissenschaften im Bachelorstudium,
2. Studierende der Informatik oder Wirtschaftsinformatik im Bachelorstudium,
3. Manager und Mitarbeiter in Fachabteilungen.

Je nach Vorwissen, Studienrichtung oder betrieblichen Erfordernissen kann bei der Lektüre das Schwergewicht

- auf *anwendungsbezogene Themen* wie die Modellierung von Geschäftsprozessen und Informationssystemen sowie integrierte betriebliche Anwendungssysteme auf operativer und strategischer Ebene (Kapitel 3–7) und/oder
- auf *informationstechnische Themen* wie Planung, Entwicklung und Betrieb von Informationssystemen, Datensicherheit und Datenschutz, Datenspeicherung, Rechnersysteme, Datenkommunikation und Rechnernetze (Kapitel 8–12)

gelegt werden.

Das Kapitel 1 hat einführenden und motivierenden Charakter. Es bietet einen Überblick über den Gegenstand des Fachs Wirtschaftsinformatik, die Beziehungen zwischen Informationssystemen und Betrieben, den Beitrag von Informationssystemen zur Erreichung betrieblicher Ziele, und es skizziert Informationssystemlösungen für ausgewählte betriebliche Konzepte am Beispiel des Einzelhandels.

Das Kapitel 2 über die *Rolle der Informationstechnik auf dem Weg in die Informationsgesellschaft* ist neu hinzugekommen. Darin werden die gesellschaftlichen Auswirkungen von Informationssystemen, die Veränderung von Geschäftsmodellen sowie die Tätigkeitsfelder von Wirtschaftsinformatikern beschrieben.

Ebenfalls neu ist das Kapitel 12 über *Datenkommunikation und Rechnernetze*. Nach einer Einführung in die Datenübertragung und den Aufbau von Netzwerken werden die Internet-Protokolle (IPv4, IPv6) sowie Internet-Anwendungen und Cloud-Computing dargestellt.

¹ Natürlich sind in dem gesamten Buch immer weibliche und männliche Vertreter aller erwähnten Personengruppen angesprochen, wenn von Mitarbeitern, Managern, Geschäftsleitern usw. die Rede ist. Aus Gründen der Lesbarkeit verzichten die Autoren jedoch auf Schreibweisen wie Absolvent/inn/en oder MitarbeiterInnen.

Das Buch wurde für die 12. Auflage komplett überarbeitet und auf den neuesten Stand gebracht. Dabei sind aktuelle Entwicklungen wie beispielsweise das *Internet der Dinge*, *Data-Science* oder *Blockchain* eingeflossen. Die ersten Kapitel behandeln anwendungsbezogene, die späteren (ab Kapitel 8) informationstechnische Themen. Die informationstechnischen Kapitel sind als Einführungsmaterialien für Studierende in wirtschaftswirtschaftlichen Studiengängen entwickelt worden. Es werden keine weiteren informationstechnischen Grundlagen vorausgesetzt.

Bei Bedarf kann von der sequenziellen Lektüre der Kapitel abgewichen werden. Alle Kapitel sind in sich abgeschlossen und basieren größtenteils nicht auf dem Wissen der vorhergehenden Kapitel. Dementsprechend kann auch eine Einführungslehrveranstaltung aus einer Auswahl der Kapitel in beliebiger Reihenfolge zusammengestellt werden.

Um trotz der Erweiterung um zwei Kapitel den bisherigen Umfang des Buchs in etwa beizubehalten, werden nun die bisher am Ende der Kapitel stehenden wichtigsten Begriffe, Wiederholungs-, Anwendungs- und Diskussionsfragen sowie die fallbezogenen Aufgaben über die *das Lehrbuch unterstützende Website*

lehrbuch-wirtschaftsinformatik.org

bereitgestellt. QR-Codes am Kapitelende erlauben den direkten Zugriff auf die entsprechenden Übungs- und Lernmaterialien. Dort finden Lehrende und Studierende weitere ergänzende Arbeitshilfen wie Folien, Übungsaufgaben samt Musterlösungen sowie Musterklausuren mit Multiple-Choice-Fragen.

Allen Kolleginnen und Kollegen, die zu früheren Auflagen Beiträge geleistet haben, oder die uns auf Verbesserungsmöglichkeiten der 11. Auflage hingewiesen haben, möchten wir an dieser Stelle herzlich danken. Walter Blocher, Universität Kassel, sind wir für die Neufassung der Ausführungen zum Datenschutz (Kapitel 9) zu besonders großem Dank verpflichtet. Für das Lesen der Korrekturen danken wir Katharina Disselbacher-Kollmann, Hans Göpfrich, Silvia Gundacker, Lore Neumann und Nora Neumann. Auch den Mitarbeitern von De Gruyter sei an dieser Stelle für die Unterstützung gedankt, insbesondere den Herren Andreas Brandmair, Maximilian Geßl und Stefan Giesen.

Hans Robert Hansen, Jan Mendling und Gustaf Neumann

Inhaltsverzeichnis

- 1 Grundlegender Überblick — 1**
 - 1.1 Gegenstand der Wirtschaftsinformatik — 2
 - 1.2 Beziehungen zwischen Informationssystemen und Betrieben — 14
 - 1.3 Beitrag von Informationssystemen zur Erreichung betrieblicher Ziele — 19
 - 1.4 IS-Lösungen für ausgewählte betriebswirtschaftliche Konzepte zur Steigerung des wirtschaftlichen Erfolgs — 23
- 2 Rolle der Informationstechnik auf dem Weg in die Informationsgesellschaft — 39**
 - 2.1 Wechselwirkungen zwischen Informationstechnik und Gesellschaft — 40
 - 2.2 Veränderung von Geschäftsmodellen — 71
 - 2.3 Tätigkeitsfelder von Wirtschaftsinformatikern — 76
- 3 Geschäftsprozessmanagement — 91**
 - 3.1 Geschäftsprozesse — 92
 - 3.2 Merkmale des Geschäftsprozessmanagements — 99
 - 3.3 Identifikation von Geschäftsprozessen — 105
 - 3.4 Gestaltung von Geschäftsprozessen — 111
 - 3.5 Ausführung von Geschäftsprozessen — 120
- 4 Modellierung betrieblicher Informationssysteme — 129**
 - 4.1 Grundlagen der Modellierung — 130
 - 4.2 Modellierungssprachen — 138
 - 4.3 ARIS-Architekturmodell — 142
 - 4.4 Modellierung betrieblicher Strukturen — 145
 - 4.5 Modellierung von Geschäftsprozessen — 150
 - 4.6 Modellierung von Daten — 156
- 5 Unterstützung betrieblicher Leistungsprozesse durch ERP-Systeme — 163**
 - 5.1 ERP-Systeme — 164
 - 5.2 Finanz- und Rechnungswesen — 180
 - 5.3 Personalwirtschaft — 188
 - 5.4 Materialwirtschaft — 192
 - 5.5 Produktion — 195
 - 5.6 Vertrieb — 204

- 6 Außenwirksame Informationssysteme und Electronic Commerce — 211**
 - 6.1 Netzwerkökonomie — **212**
 - 6.2 Portale und Dienste — **227**
 - 6.3 Elektronische Märkte — **238**
 - 6.4 Kundenbeziehungsmanagementsysteme (CRM-Systeme) — **248**
 - 6.5 Konsumenteninformationssysteme (E-Commerce im B2C-Bereich) — **254**
 - 6.6 Zwischenbetriebliche Informationssysteme (E-Commerce im B2B-Bereich) — **268**
- 7 Managementunterstützungssysteme — 279**
 - 7.1 Betriebliche Entscheidungen — **280**
 - 7.2 Methodische Grundlagen des Data-Science — **283**
 - 7.3 Klassische Entscheidungsunterstützungssysteme — **296**
 - 7.4 Business-Intelligence-Systeme — **302**
 - 7.5 Konzeptorientierte, vorkonfigurierte Managementunterstützungssysteme — **320**
- 8 Planung, Entwicklung und Betrieb von Informationssystemen — 331**
 - 8.1 IS-Management — **332**
 - 8.2 IS-Planung — **334**
 - 8.3 IS-Entwicklung — **349**
 - 8.4 IS-Betrieb — **374**
- 9 Informationssicherheit und Datenschutz — 381**
 - 9.1 IS-Betrieb und Informationssicherheit — **382**
 - 9.2 Sicherheitstechnische Grundlagen — **385**
 - 9.3 Sicherheitstechnische Anwendungen — **402**
 - 9.4 Sicherheitsmanagement — **411**
 - 9.5 Umgang mit sensiblen Daten (Datenschutz) — **424**
- 10 Datenspeicherung — 437**
 - 10.1 Information und Daten — **438**
 - 10.2 Datenstrukturen — **454**
 - 10.3 Datenbanken — **462**
 - 10.4 Dokumentzentrierte Datenorganisation — **480**
 - 10.5 Skalierbare Datenspeicherung und Big Data — **493**

11	Rechnersysteme	503
11.1	Aufbau und Funktionsweise von Rechnern	504
11.2	Elektronische Bauelemente (Chips)	515
11.3	Arten von Rechnern	531
11.4	Aufbau und Funktionsweise von Software	537
11.5	Bestandteile von Software	545
11.6	Betriebssystem	549
11.7	Virtualisierung	556
12	Datenkommunikation und Rechnernetze	561
12.1	Datenkommunikation	562
12.2	Rechnernetze	578
12.3	Internet-Protokolle	593
12.4	Internet-Anwendungen und Cloud-Computing	611
	Sachregister	619

1 Grundlegender Überblick

1.1 Gegenstand der Wirtschaftsinformatik — 2 1.1.1 Begriff und Wesen von Informationssystemen — 4 1.1.2 Grenzen von Informationssystemen und Subsystemen — 10 1.1.3 Informationssysteme als sozio-technische Systeme — 12 1.2 Beziehungen zwischen Informationssystemen und Betrieben — 14 1.2.1 Informationssysteme in Betrieben — 14 1.2.2 Informationssysteme für die Zusammenarbeit zwischen Betrieben — 16 1.3 Beitrag von Informationssystemen zur Erreichung betrieblicher Ziele — 19	1.3.1 Ziele betrieblicher Informationssysteme — 19 1.3.2 Rationalisierung — 21 1.3.3 Information und Entscheidungsunterstützung — 22 1.3.4 Innovation — 23 1.4 IS-Lösungen für ausgewählte betriebswirtschaftliche Konzepte zur Steigerung des wirtschaftlichen Erfolgs — 23 1.4.1 Automatisierung — 24 1.4.2 Selbstbedienung — 25 1.4.3 Individualisierung — 26 1.4.4 Erschließung neuer Märkte — 28 - Die wichtigsten Punkte — 37 - Literatur — 37

Kapitelübersicht

Dieses Kapitel dient einerseits als Einführung in den Gegenstand der Wirtschaftsinformatik und andererseits als Motivation für den Leser, sich näher mit den Fragestellungen dieses Fachs zu befassen. Es soll neugierig machen! Hierzu wird das grundlegende Vokabular der Wirtschaftsinformatik vermittelt und es werden die Zusammenhänge zwischen Geschäftsprozessen und ihrer informationstechnischen Unterstützung beschrieben. Dabei werden die Merkmale betrieblicher und zwischenbetrieblicher Informationssysteme behandelt.

Lernziele

In diesem Kapitel wird ein grundlegender Überblick über die Wirtschaftsinformatik gegeben. Nach der Durcharbeitung dieses Kapitels sollten Sie

- die Grundbegriffe der Informationsverarbeitung kennen und gebrauchen können,

- darlegen können, was ein Informationssystem ist und welche Arten von Informationssystemen in einem Betrieb und zwischen Betrieben vorliegen können,
- erläutern können, warum seit Jahrzehnten der Rechnereinsatz in der Wirtschaft kontinuierlich zunimmt und welche Ziele mit der Informationsverarbeitung in der Wirtschaft verfolgt werden,
- begründen können, warum in wirtschaftswissenschaftlichen Bachelor- und Masterstudien das Fach Wirtschaftsinformatik nötig und wichtig ist,
- erläutern können, ob für Sie persönlich ein Vertiefungsstudium der Wirtschaftsinformatik in Frage kommen könnte oder warum Sie das eher ausschließen.

1.1 Gegenstand der Wirtschaftsinformatik

Es kommt regelmäßig vor, dass in einer Einführungslehrveranstaltung aus dem Fach Wirtschaftsinformatik in der ersten Stunde Studierende der Wirtschaftswissenschaften auf den Lehrenden zukommen und fragen: „Ich interessiere mich dafür, wie Unternehmen und die Wirtschaft funktionieren, aber warum brauche ich hierfür die Informatik?“ In technisch orientierten Studiengängen wird die Frage in ähnlicher Form in die andere Richtung gestellt. Diese Fragen zeigen Defizite in den heutigen Lehrprogrammen der Schulen auf, deren Lehrpläne und Fächer eher auf detailliertes Grundlagenwissen fokussiert sind, als sich mit integrativen Fächern und deren Zusammenhängen zu beschäftigen. Wie Sie in diesem Buch lernen werden, ist Wirtschaftsinformatik keinesfalls mit Informatik gleich zu setzen. Sie verwendet zwar oft ähnliche Methoden, verfolgt aber generell andere Ziele (Erreichung von betrieblichen Zielen). Die gleichen Studienanfänger, die sich der Bedeutung der Informationstechnik in Unternehmen nicht bewusst sind, hinterfragen oft nicht, warum sie sich mit Detailfragen des Rechnungswesens oder der Materialwirtschaft beschäftigen müssen – obwohl gerade viele dieser Aufgaben von Rechnern automatisiert durchgeführt werden. Die Wahrscheinlichkeit, sich beruflich als Absolvent der Wirtschaftswissenschaften mit der Gestaltung oder Weiterentwicklung betrieblicher Informationssysteme zu beschäftigen, ist heute höher denn je.

Wenn wir in dem Buch von betrieblichen Informationssystemen und von betrieblichen Zielen sprechen, so stellt sich die Frage, ob es dabei nur um erwerbswirtschaftliche Betriebe, das heißt Unternehmen, geht und ob damit beispielsweise betriebsübergreifende Informationssysteme ausgeschlossen sind.

Ein **Betrieb** (engl.: business, company, enterprise, firm) ist eine Wirtschaftseinheit, die zielgerichtet Güter zur Befriedigung der Bedürfnisse Außenstehender bereitstellt. Die Leistungserstellung und -verwertung erfolgen planvoll durch das Zusammenwirken der Produktionsfaktoren Arbeit, Betriebsmittel, Werkstoffe und Wissen. Betriebe, die erwerbswirtschaftliche Ziele verfolgen, werden als **Unternehmen** bezeichnet. Betriebe, die keine Gewinne anstreben, sondern gemeinnützigen sozialen, kulturellen oder wissenschaftlichen Zielsetzungen dienen, werden als **Non-Profit-Organisationen** (Abkürzung: NPO) bezeichnet.



Durch die fortschreitende Spezialisierung von Betrieben und durch die Auslagerung von Teilfunktionen an Dritte steigen auch die informationstechnischen Anforderungen. Die Betrachtung des einzelnen Betriebs ist folglich oft nicht ausreichend, daher zählen wir auch betriebsübergreifende Informationssysteme zu den betrieblichen Informationssystemen. Die Akteure der Gestaltung der Informationssysteme sind letztendlich Betriebe, die ihre Ziele verfolgen.

Rechnergestützte betriebliche Informationssysteme sind eine „*befähigende Technik*“ (engl.: enabling technology), die es ermöglicht, Geschäftsfälle effizient und nachvollziehbar abzuwickeln. Da sich die Geschäftsideen, die Geschäftspartner und das Geschäftsumfeld laufend ändern, ändern sich auch die Anforderungen an betriebliche Informationssysteme. Sie sind somit definitionsgemäß niemals „fertig“. Dies ist ein wesentlicher Unterschied zu vielen technischen Softwaresystemen. Allerdings kann auch eine mangelnde Unterstützung von Geschäftsfällen ein Verhinderungsgrund für deren Einführung darstellen: Die beste Geschäftsidee hilft nichts, wenn sie nicht auch zeitnah informationstechnisch unterstützt wird.

Die Wirtschaftsinformatik wird in den sozial- und wirtschaftswissenschaftlichen Studienrichtungen oft als eine Form der Betriebswirtschaftslehre gesehen. Sie hat zum Ziel, die betriebliche Leistungserfüllung aus der Sicht der Informationsflüsse und der Informationsverarbeitung zu verbessern (August-Wilhelm Scheer verwendete in den 1980er Jahren den Begriff der „EDV-orientierten Betriebswirtschaftslehre“). Im Zentrum der Betrachtung stehen hierbei die betrieblichen Informationssysteme, die heute weitgehend durch Rechner unterstützt werden.

Um betriebliche Informationssysteme zu verstehen, zu analysieren, zu verbessern und weiter zu entwickeln, benötigt man sowohl ein Verständnis von den betrieblichen als auch von den informationstechnischen Gestaltungsmöglichkeiten (Ziele, Optionen, Notwendigkeiten, Gefahren). Die Initiative für entsprechende Entwicklungsprojekte kann dabei von der fachlichen Seite (beispielsweise durch veränderte Geschäftsbedingungen) oder von der technischen Seite (neue Optionen durch beispielsweise Cloud-Computing) kommen. Die meisten der heutigen Innovationsprojekte weisen sowohl eine technische als auch eine betriebswirtschaftliche Komponente auf. Abb. 1.1 zeigt, wie sich das

Fach Wirtschaftsinformatik als eigenständiges, integratives und interdisziplinäres Fach versteht, das auf den Standbeinen der Betriebswirtschaftslehre und der Informatik steht.

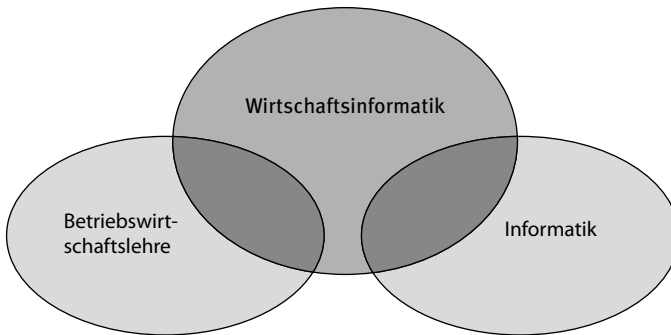


Abb. 1.1: Stellung des Fachs Wirtschaftsinformatik



Die Wissenschaft, die sich mit der Gestaltung rechnergestützter Informationssysteme in der Wirtschaft befasst, heißt **Wirtschaftsinformatik** (Synonym: **Betriebsinformatik**; engl.: Business Information Systems, Business Informatics). Sie versteht sich als interdisziplinäres Fach basierend auf der Betriebswirtschaftslehre und der Informatik.

1.1.1 Begriff und Wesen von Informationssystemen

Wie eingangs betont, sind Informationssysteme für Betriebe heute essenziell. Je nach Branche werden in unterschiedlichem Umfang immer mehr Geschäftsfälle rechnergestützt abgewickelt.



Nach DIN-Definition ist ein **Rechner** (Computer, engl.: computer) eine Funktionseinheit zur Verarbeitung von Daten, nämlich zur Durchführung mathematischer, umformender, übertragender und speichernder Operationen.

Rechner – wie wir später genauer beschreiben werden – treten in immer vielfältigeren Formen auf. Während in der Frühzeit der Datenverarbeitung Rechner sehr große, überaus teure Anlagen waren, von denen selbst die führenden IT-Hersteller meinten, dass man sich weltweit nur wenige Exemplare leisten könne, wurden die 1980er Jahre von Großrechnern geprägt, deren Anschaffungskosten von 100.000 bis 10 Millionen Euro reichten. Heute verstehen wohl die meisten unter einem Rechner einen PC (Abkürzung von engl.: personal computer), der meist deutlich unter 1.000 Euro kostet. Rechner werden laufend leis-

tungsfähiger, kleiner und billiger. In den letzten Jahren haben die Absatzzahlen für Smartphones und Tablet-Computer deutlich die von Schreibtisch- und Notebook-PCs überholt, wobei viele dieser Rechner über eine weit höhere Leistungsfähigkeit verfügen als die ehemals nahezu unbezahlbaren Großrechner. Wir sind noch keinesfalls am Ende dieser Entwicklung angelangt. Zunehmend werden Rechner in Dinge des täglichen Lebens (vom Auto über die Kaffeemaschine bis zur Glühbirne) integriert und über das Internet verbunden. Man spricht vom *Internet der Dinge* (engl.: Internet of things). Wenn Rechner in Kleidungsstücke und Accessoires (beispielsweise Brillen) verbaut werden, spricht man von *Wearables* (am Körper tragbare Rechner).

Rechner sind für Betriebe wichtig, da sie Information über betriebliche Sachverhalte und Vorgänge kostengünstig und mit hoher Geschwindigkeit verarbeiten können.

Daten (engl.: data) stellen **Information** (das heißt Angaben über Sachverhalte und Vorgänge; engl.: information) aufgrund bekannter oder unterstellter Abmachungen in einer maschinell verarbeitbaren Form dar.



Aus der Sicht der Wirtschaftsinformatik ist *der zentrale Gegenstand eines Informationssystems* die Information, die in einem Betrieb (in einer Organisation) von den Beteiligten benötigt wird, um Geschäftsfälle bearbeiten zu können. Diese Beteiligten können Mitglieder der Organisation sein (Mitarbeiter bis Geschäftsführung) oder auch von außerhalb des Betriebs stammen (Kunden, Zulieferer, Kooperationspartner, Kapitalgeber). Diese Information muss entsprechend der jeweiligen Situation aufbereitet und vor Missbrauch und unberechtigten Zugriffen geschützt werden.

Ein **Informationssystem** (Abkürzung: IS; engl.: information system) besteht aus Menschen und Maschinen (Rechner samt Software, Netzen, Kommunikationseinrichtungen), die Information erzeugen und/oder benutzen und die durch Kommunikationsbeziehungen miteinander verbunden sind.



Die Information, die in einem solchen System übertragen und verarbeitet wird, hat ihren Ursprung direkt und indirekt beim Menschen. Sie kann in dem Informationssystem gespeichert, abgerufen und transformiert werden.

Ein **betriebliches Informationssystem** (engl.: business information system) unterstützt die Leistungsprozesse und Austauschbeziehungen innerhalb eines Betriebs sowie zwischen dem Betrieb und seiner Umwelt.



Der Umgang mit Information und deren Aufbereitung für unterschiedliche Zwecke hat eine lange Tradition und ist auch mit geringem Technikeinsatz (aber relativ hohem menschlichen Arbeitseinsatz) realisierbar. Durch den Einsatz von Rechnern haben sich in den letzten Jahrzehnten die Informationskosten drastisch reduziert. Ein handelsüblicher PC kann heute in einer Sekunde mehr Information aufbereiten, als ein durchschnittlich ausgebildeter Mitarbeiter dies in einem Jahr könnte. Dies bedeutet eine *Reduktion der Informationskosten*, da die anteiligen Kosten eines PCs weit geringer sind als die entsprechenden Personalkosten für einen Mitarbeiter.

Diese Reduktion der Informationskosten ist nicht abgeschlossen, sondern entwickelt sich laufend weiter. Dies ist auch ein Grund, warum von der Informationstechnik ein derartig hohes Innovationspotenzial ausgeht. Durch die Informationstechnik kann man nicht nur Information kostengünstiger und schneller verarbeiten, sondern es ergeben sich auch neue Möglichkeiten, die früher undenkbar gewesen sind. Wie Hammer und Champy (1993) in ihrem Buch „Reengineering the Corporation“ schreiben, ist es „nicht nur das Ziel, aus Trampelpfaden Autobahnen zu bauen, sondern stattdessen eine neue Infrastruktur zu entwickeln“. Das größte Potenzial wird nicht unbedingt dadurch erreicht, wenn ein Betrieb das, was er immer schon machte, nun effizienter macht, sondern wenn durch das Unterschreiten von Informationskosten völlig neue Ansätze verfolgt werden können. Wir werden später einige Beispiele präsentieren, wie das in verschiedenen Branchen in den letzten Jahren erfolgte.



Ein **rechnergestütztes Informationssystem** (engl.: computer based information system) ist ein Informationssystem, bei dem die Erfassung, Speicherung, Übertragung und/oder Transformation von Information durch den Einsatz der Informationstechnik unterstützt wird.

Wenn wir in der Folge von Informationssystemen sprechen, dann meinen wir jeweils rechnergestützte Informationssysteme, die nicht isoliert, sondern nur im Kontext ihrer Umwelt betrachtet werden sollten.

Auch beim Einsatz eines rechnergestützten Informationssystems in einem Betrieb werden weiterhin viele Informationsverarbeitungsaufgaben allein von Menschen erfüllt. Der primäre Zweck von Informationssystemen ist die *Bereitstellung von Information für die Systembenutzer*. Die Inhalte, Form, Orte und Zeitpunkte der Informationsbereitstellung sind dementsprechend von den Aufgaben der Benutzer abhängig.

Das *gesamtbetriebliche Informationssystem* regelt den Informationsaustausch und die Speicherung und Verarbeitung von Information in einem gesamten Betrieb. Je nach Größe des Betriebs und je nach Integrationsgrad der Informationsverarbeitung wird meist nicht nur ein Rechner, sondern oft eine Viel-

zahl von Rechnersystemen zur Automatisierung von Teilaufgaben eingesetzt. Diese Teilaufgaben reichen von den operativen Aufgaben der betrieblichen Leistungserstellung in betrieblichen Funktionsbereichen (Transaktionssysteme) über Aufgaben der Zusammenarbeit und Kommunikation (Büroinformations- und Kommunikationssysteme) bis zu Aufgaben des Managements (Planungs- und Kontrollsysteme).

Ein **operatives Informationssystem** unterstützt die alltäglichen betrieblichen Leistungsprozesse (engl.: day-to-day operation of the firm) mithilfe von betrieblichen Anwendungsprogrammen. Durch diese werden sowohl die Aufgaben innerhalb von betrieblichen Funktionsbereichen (Beschaffung, Produktion, Vertrieb, Finanzwesen, Personalwirtschaft usw.) unterstützt, als auch Geschäftsprozesse, die diese Funktionsbereiche überschreiten.



Ein aus mehreren Komponenten bestehendes integriertes Anwendungssystem, das alle wesentlichen betrieblichen Funktionsbereiche unterstützt, wird als *ERP-System* bezeichnet (ERP ist die Abkürzung von engl.: enterprise resource planning). Ziel eines ERP-Systems ist es, den laufenden Ressourceneinsatz eines Betriebs (Kapital, menschliche Arbeit, Betriebsmittel, Werkstoffe) zu steuern und abzuwickeln. Die Aktualität, der Detaillierungsgrad und die Genauigkeit der zur Verfügung gestellten Daten sind dementsprechend hoch.

Neben den laufenden betrieblichen Aufgabenstellungen unterstützen Informationssysteme ebenso die *Planung und Kontrolle* von geschäftlichen Abläufen, indem beispielsweise die Daten aus den operativen Informationssystemen analysiert werden.

Ein **Planungssystem** (engl.: planning system) unterstützt die Führungskräfte eines Betriebs bei ihren Planungsaufgaben. Ein **Kontrollsystem** (engl.: control system) dient zur Überwachung der Einhaltung der Pläne durch Soll-Ist-Vergleiche und Hinweise auf notwendige Korrekturmaßnahmen. Zusammengefasst werden Informationssysteme für Führungskräfte als **Managementunterstützungssysteme** (Führungsinformationssystem, engl.: management support system) bezeichnet.



Neben den operativen Informationssystemen und Führungsinformationssystemen unterstützt ein gesamtbetriebliches Informationssystem auch Funktionen zum *Erstellen von Textdokumenten, Tabellen, Zeichnungen oder Präsentationen* sowie zur *Unterstützung der Zusammenarbeit und Kommunikation* wie beispielsweise Kommunikationsdienste (E-Mail, Kurznachrichtendienste, Videokonferenzen usw.) oder Aufgaben des Dokumentationswesens und des Wissensmanagements (beispielsweise gemeinsame Ablagesysteme mit Suchfunktionen). Systeme, die diese Aufgabenbereiche unterstützen, werden unter dem Begriff *Büroinformationssysteme* zusammengefasst.

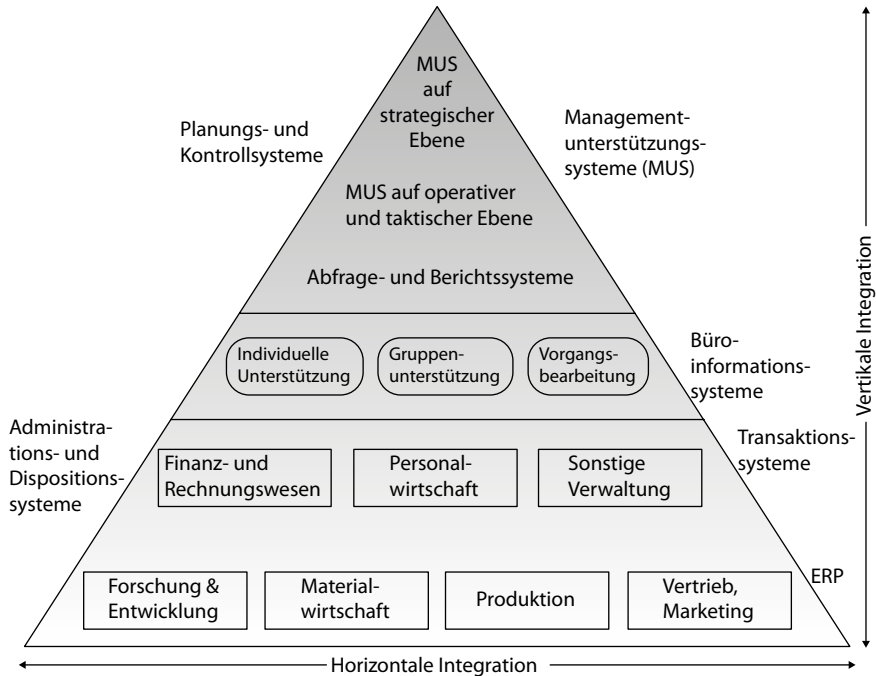


Abb. 1.2: Horizontale und vertikale Integration von betrieblichen Informationssystemen

Die genannten Teilinformationssysteme sollten integriert werden, das heißt, sie sollten zusammenarbeiten und Daten austauschen (siehe Abb. 1.2).



Ein **horizontal integriertes Informationssystem** verbindet Teilsysteme aus unterschiedlichen Funktionsbereichen auf einer Ebene. Ein **vertikal integriertes Informationssystem** verknüpft Teilsysteme des gleichen Funktionsbereichs auf verschiedenen Stufen, etwa ein System für die Abwicklung von Geschäftstransaktionen mit einem Büroinformationssystem und einem Managementunterstützungssystem. Integrationsgegenstand ist jeweils die logische Zusammenführung von Daten und die gegenseitige Abstimmung von Funktionen (Aufgaben), Prozessen (Vorgängen), Methoden und Programmen (nach Peter Mertens).

Je nach der Organisation der Arbeitsabläufe kann die Integration der Teilinformationssysteme innerhalb eines Betriebs oder betriebsübergreifend erfolgen.

Die in der Abb. 1.2 gezeigte funktionale Gliederung von betrieblichen Teilinformationssystemen ist an der Aufbauorganisation von Betrieben orientiert. Sie wird durch die Rechnerunterstützung durchgängiger, funktionsbereichsübergreifender *Geschäftsprozesse* (engl.: business process) ergänzt, die vom Lieferanten bis zum Kunden reichen. Im Gegensatz zur hierarchischen Sicht steht

hier die horizontale, ganzheitliche Perspektive des Betriebs im Vordergrund. Der Betrieb kann bei dieser Betrachtungsweise als ein Bündel von Geschäftsprozessen gesehen werden, die vom gesamtbetrieblichen Informationssystem unterstützt werden. Im Mittelpunkt stehen dabei die Kundenwünsche, die durch wertschöpfende *Kernprozesse* erfüllt werden. Sie werden durch *Managementprozesse* und *unterstützende Prozesse* ergänzt. Typische Kernprozesse sind Forschungs- und Entwicklungsprozesse, Materialwirtschaftsprozesse, Produktionsprozesse und Marketingprozesse. Typische Unterstützungsprozesse sind Finanz- und Rechnungswesenprozesse, personalwirtschaftliche Prozesse und sonstige Verwaltungsprozesse. Jeder Betrieb muss für sich selbst entscheiden, welche Geschäftsprozesse für die Kundengewinnung und -bindung und für die Differenzierung gegenüber der Konkurrenz hohe strategische Bedeutung haben, auf die er deshalb seine Kernkompetenzen konzentrieren sollte. Verwaltungsprozesse beinhalten oft ein großes Rationalisierungspotenzial und können an externe, spezialisierte und deshalb oft kostengünstige Dienstleister ausgelagert werden. Näheres zu diesem sogenannten Outsourcing erfahren Sie in Abschnitt 2.1.3.

Wenn Sie zum *Beispiel* über das Internet einen *Kleiderschrank* bestellen, so löst dieser Auftrag bei dem Möbelhändler eine Reihe miteinander verwobener Aktivitäten aus. Einerseits gehört dazu die administrative Bearbeitung des Auftrags, angefangen von der Bestellbestätigung, über eine Reihe von Prüfungen (Vollständigkeit und Richtigkeit der Daten, technische und terminliche Machbarkeit, Kreditwürdigkeit des Auftraggebers usw.), die Auftragsverfolgung bis zur Versandbestätigung, Verkaufsabrechnung und Finanzbuchhaltung. Andererseits ist die operative Abwicklung des Kundenauftrags in Lager und Vertrieb (Auslieferung) nötig. Ist das gewünschte Produkt nicht vorrätig, so müssen in diesen Geschäftsprozess ferner der Einkauf und ein oder mehrere Lieferanten einbezogen werden. Möglicherweise fehlen dem Lieferanten für die Produktion Teile, die dieser wiederum bei Vorlieferanten beschaffen muss. Verfügt der Möbelhändler über keinen eigenen Liefer- und Montageservice, so müssen ein Logistikdienstleister (Spediteur) und ein Tischler beauftragt werden. Darüber hinaus muss für Retouren Sorge getragen werden. Sie sehen an diesem Beispiel den übergreifenden Charakter von Geschäftsprozessen – viele Funktionsbereiche beziehungsweise Teilinformationssysteme des Möbelhändlers, seiner Lieferanten und Dienstleister müssen einbezogen werden.

B

Für den Möbelhändler ist die *Kundenauftragsabwicklung* ein *Kernprozess*, der möglichst rasch und kostengünstig durchgeführt und flexibel auf die Kundenwünsche ausgerichtet werden muss. Viele Interessenten werden nicht bestellen, wenn die Lieferzeit eines Kleiderschranks mehr als ein bis zwei Wochen beträgt. Und viele Kunden werden bei dem Möbelhändler nicht wieder bestellen, wenn die Verkaufsabwicklung und die bestellte Ware nicht den Katalogangaben beziehungsweise den Erwartungen entsprechen.

Wir gehen in Kapitel 3 näher auf Geschäftsprozesse und ihre Unterstützung durch Informationssysteme ein.

1.1.2 Grenzen von Informationssystemen und Subsystemen

Informationssysteme lassen sich sowohl gedanklich als auch real in Subsysteme zerlegen.



Ein **System** (engl.: system) besteht aus einer Anzahl von Elementen, die miteinander verbunden sind und interagieren. Die Beziehungen zwischen den Elementen bilden in ihrer Gesamtheit die *Struktur des Systems* und bestimmen das *Systemverhalten*. Zur Reduktion der Komplexität werden komplexe Systeme in **Subsysteme** (Teilsystem, engl.: subsystem) untergliedert, die über wohldefinierte **Schnittstellen** (engl.: interface) untereinander interagieren. Die Subsysteme werden auf höheren Abstraktionsebenen als Elemente betrachtet.

Wenn wir von einem Informationssystem sprechen, dann meinen wir nicht ein untrennbares Ganzes, sondern vielmehr eine *Vielzahl von Subsystemen und deren Zusammenspiel*. Die Elemente der Subsysteme sind Menschen und Maschinen (Rechner, Kommunikationseinrichtungen, Softwarekomponenten), die miteinander verbunden sind (siehe Abb. 1.3). Die Menge der Beziehungen zwischen den Elementen bestimmt die Struktur des Informationssystems.

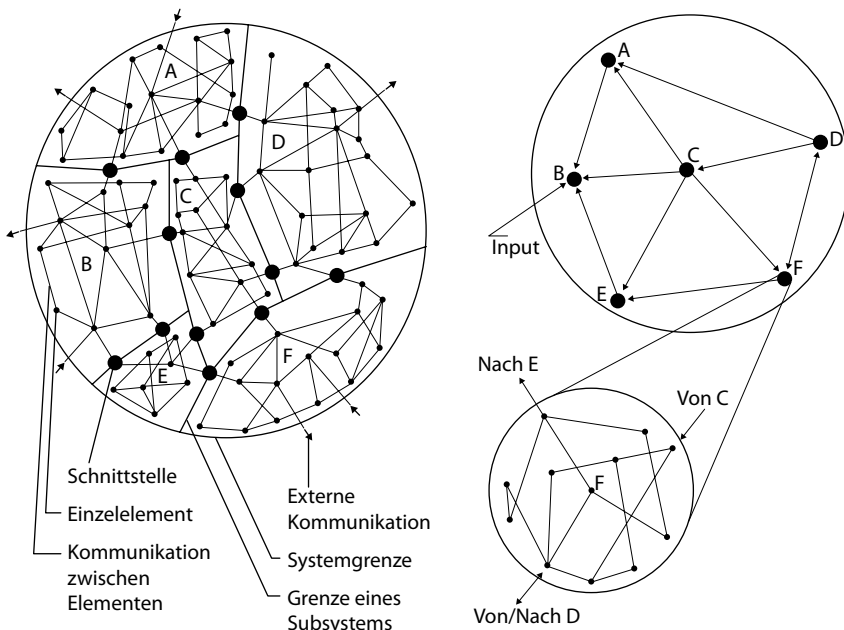


Abb. 1.3: Komplexes System mit Subsystemen

Die *Subsysteme* eines komplexen Systems werden nach unterschiedlichen Kriterien strukturiert, wobei hier sowohl organisatorische und fachliche Kriterien (beispielsweise nach betrieblichen Funktionsbereichen, nach Geschäftsprozessen oder nach dem Grad der Automatisierung der Aufgabenverrichtung) als auch technische Kriterien eine Rolle spielen.

Ein **modulares System** (engl.: modular system) ist ein System, dessen Subsysteme unter den Gesichtspunkten der Überprüfung der Funktionsfähigkeit, der Austauschbarkeit und der Arbeitsorganisation gebildet werden.



Dabei ist zu beachten, dass ein betriebliches Informationssystem den Menschen dient, die ihre Arbeit in einem Betrieb verrichten. Dies bedeutet, dass bei der Abwicklung eines Geschäftsprozesses menschliche Akteure und deren Arbeitsverrichtung und Arbeitsverständnis eine wichtige Rolle spielen. Das Wissen in den Köpfen der Mitarbeiter kann niemals zur Gänze durch ein Rechnersystem ersetzt werden. Wir können somit innerhalb eines Informationssystems zwischen *manuellen Subsystemen* und *automatisierten Subsystemen* unterscheiden, wobei sich die Aufgabenverteilung zwischen diesen Subsystemen häufig ändert. Durch die Einbeziehung des Wissens der Mitarbeiter in die Betrachtung wird klar, dass einerseits bei Vorliegen von neuem Wissen über betriebliche Abläufe dieses Wissen in den Rechner transferiert werden muss, und dass andererseits auch bei Veränderungen im Rechner die betroffenen Mitarbeiter über die neuen Sachverhalte informiert werden müssen. Folglich sind bei Änderungen des Softwaresystems hinreichende Dokumentationen und Schulungen notwendig.

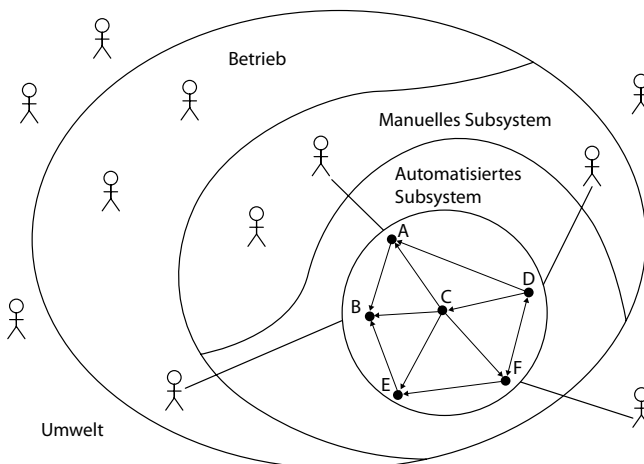


Abb. 1.4: Informationssystem mit Subsystemen

1.1.3 Informationssysteme als sozio-technische Systeme

Die Wirtschaftsinformatik betrachtet bei Informationssystemen nicht nur das reine Techniksyste, sondern ebenso das betriebliche Umfeld, die Arbeitsabläufe und die Menschen, unabhängig davon, welche Anteile dieser Abläufe informationstechnisch unterstützt werden. Bei dieser Betrachtung spielt das technische System und dabei vor allem die betriebliche Anwendungssoftware, die zur Unterstützung der Aufgabenstellungen laufend entwickelt und konfiguriert wird, eine zentrale Rolle. Es ist jedoch wichtig zu verstehen, dass bei der Informationssystementwicklung neben der Softwareentwicklung noch eine Fülle von weiteren Aufgabenbereichen existiert, die für ein Funktionieren von Informationssystemen ebenso bedeutsam sind. Sie reichen von der Hardwarebeschaffung und -betreuung über die Definition der Funktionen und Abläufe (Geschäftsprozesse) bis zur Einbeziehung und Schulung der beteiligten Personen (siehe Abb. 1.5).

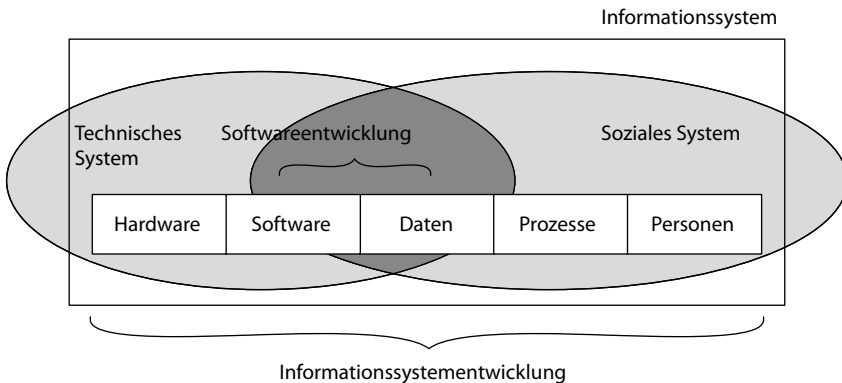


Abb. 1.5: Zusammenhang von Informationssystementwicklung und Softwareentwicklung

Diese Aufgabenbereiche können nicht isoliert voneinander gesehen werden, sondern verlangen eine gemeinsame Betrachtung und eine gemeinsame Ausrichtung hinsichtlich der Zielerfüllung des Betriebs. Die Systeme müssen sich an den betrieblichen Vorgaben orientieren und langfristig für den Betrieb eine verlässliche Infrastruktur darstellen (engl.: dependable system).

Wie eingangs definiert, bestehen Informationssysteme aus Menschen und Maschinen, die Information erzeugen oder benutzen und die durch Kommunikationsbeziehungen miteinander verbunden sind. Informationssysteme sind somit sozio-technische Systeme.

Unter einem **sozio-technischen System** (engl.: socio-technical system) versteht man ein System, bei dem eine technische und eine soziale Teilkomponente untrennbar voneinander zusammenspielen. Während das Verhalten der technischen Komponenten eines Informationssystems durch Programmierung festgelegt wird, ist das Detailverhalten der sozialen Teilkomponenten weit weniger bestimmbar.



Für das Funktionieren von Informationssystemen in ihrer Gesamtheit ist nicht nur das Funktionieren einer Fülle von Komponenten notwendig, sondern auch deren Zusammenspiel. Wie sich oft zeigt, sind das Zusammenspiel und das Verhalten einer hohen Anzahl von komplexen Komponenten nicht immer vorhersehbar. Wichtige *Charakteristika von sozio-technischen Systemen* sind:

- *Emergentes Verhalten:* Das Gesamtsystem hängt von den Systemkomponenten und deren Zusammenspiel ab. Emergente (das heißt plötzlich neu auftretende) Eigenschaften ergeben sich unvorhergesehen aus dem Zusammenwirken von Teilkomponenten, wobei diese Eigenschaften nicht aus der isolierten Betrachtung der Teilkomponenten erkennbar sind.
- *Nicht deterministisches Verhalten:* Das Gesamtsystem reagiert auf eine Sequenz von Eingaben nicht immer völlig gleich, das Verhalten des Systems ist nicht immer vorhersehbar. Ursache hierfür können Abhängigkeiten von Personen sein, die sich je nach externen Bedingungen anders verhalten.
- *Komplexer Aufbau:* Es existiert eine sehr hohe Anzahl von Teilkomponenten, die schwer im Detail analysierbar sind und oft unterschiedliche Ziele verfolgen. Bei sozialen Teilen eines Systems ergibt sich häufig das Problem, dass manche als Ziel Qualitätseigenschaften verfolgen, andere Kosteneigenschaften, und der Abgleich der gewünschten Zielerreichungsgrade nicht hinreichend klar definiert werden kann.

Ein ähnliches Problem mit divergenten Zielen gibt es im Gesundheitsbereich, wo einerseits neue kostenintensive Behandlungstechniken und Medikamente entwickelt werden (= Qualitätseigenschaft), aber oft gleichzeitig die Kosten der Behandlungen gesenkt werden sollen (= Kosteneigenschaft).



Aus diesen Punkten ist erkennbar, dass das gesamte betriebliche Informationssystem nie vollständig automatisiert werden kann, und dass das Verhalten des Systems laufend angepasst werden muss. Es gehört zum Alltag, dass für die Gestaltung komplexer Systeme oft neue Herausforderungen auftauchen, die nur mit einem Gesamtverständnis sowohl des technischen als auch des betrieblichen Umfelds lösbar sind. Aus diesem Grund verlangt das Berufsbild des Wirtschaftsinformatikers eine breite Ausrichtung, analytische Kenntnisse, um die Sachlage und Ursachen der Problemstellungen zu verstehen, und ausgeprägte Kommunikationsfähigkeiten, da oft die Lösung von Problemen nur von meh-

renen Personen mit unterschiedlichem Fachwissen gemeinsam erreicht werden kann.

1.2 Beziehungen zwischen Informationssystemen und Betrieben

1.2.1 Informationssysteme in Betrieben

Für das Verständnis von betrieblichen Informationssystemen ist es essenziell, das Gesamtsystem der betrieblichen Leistungserstellung zu betrachten. Ein Informationssystem dient zur Unterstützung von betrieblichen Leistungen (Aufgaben), die von Menschen ausgehen und für Menschen verrichtet werden (siehe Abb. 1.6). Zentrales Anliegen ist es somit, ein Verständnis für diese Aufgaben zu entwickeln und diese Aufgaben hinreichend genau zu beschreiben, sodass sie von einem Rechner unterstützt werden können. Diese Tätigkeiten gehören zu den wichtigsten Aufgaben eines Wirtschaftsinformatikers.

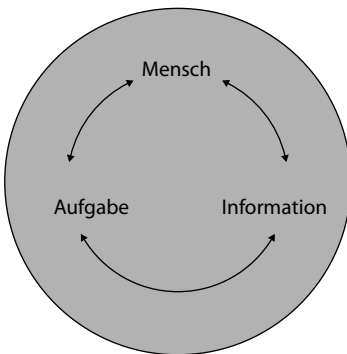


Abb. 1.6: Informationssystem aus der Sicht eines Individuums

Diese Beobachtungen zum sozio-technischen Charakter von Informationssystemen haben Auswirkungen auf der Ebene des einzelnen Menschen. Hier dient das *Technologie-Akzeptanz-Modell (TAM)* von Davis et al. (1989) dazu, die Nutzung von Informationssystemen besser zu verstehen. Es basiert auf der Grundüberlegung, dass Individuen sich bei der Erledigung ihrer Aufgaben rational verhalten. In der einfachsten Version erklärt das TAM die Entscheidung, ob eine Person ein Informationssystem benutzt, mithilfe von zwei Faktoren: erstens muss das Informationssystem in der Betrachtung des Menschen nützlich sein, zweitens muss es einfach zu benutzen sein. Diese Größen beziehen sich auf die

subjektive Wahrnehmung des Individuums. Das ist im betrieblichen Kontext wichtig, da die Entscheidung für ein Informationssystem meist vom Management ausgeht, und selten von den Benutzern. Daher kann sich Widerstand gegen die Nutzung entwickeln, wenn das System als mühsam und unnütz empfunden wird.

Ein Informationssystem hat nicht nur das Ziel, die Arbeitsverrichtung der einzelnen Mitarbeiter zu verbessern, sondern dient zur Unterstützung der Arbeitsverrichtungen einer größeren Organisationseinheit (beispielsweise Arbeitsgruppe, Bereich, Betrieb, Konzern). An komplexen Aufgaben arbeiten im Regelfall viele Mitarbeiter mit unterschiedlichem Fachwissen zusammen. *Geschäftsprozesse* beschreiben die notwendigen und möglichen Arbeitsschritte einer komplexen Arbeitsverrichtung, wobei einzelne Arbeitsschritte von unterschiedlichen Personen verrichtet werden können. Die Abb. 1.7 zeigt Informationssysteme aus der Sicht der Zusammenarbeit von Menschen und somit aus der Sicht der gemeinsamen Arbeitsverrichtung.

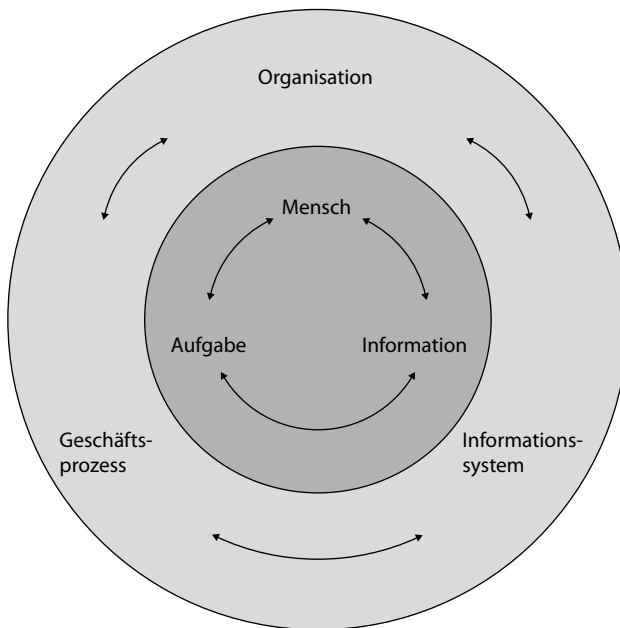


Abb. 1.7: Informationssystem aus der Sicht eines Betriebs

Auf der Ebene des Betriebs stellt sich die Frage, inwiefern die Einführung eines neuen Informationssystems als Erfolg betrachtet werden kann. Das *Informationssystem-Erfolgsmodell* von DeLone und McLean (1992) beschreibt den Nut-

zen für den Betrieb dabei als abhängig von der fortlaufenden Nutzung des Informationssystems und der Zufriedenheit der Nutzer. Diese beiden Faktoren werden durch die Qualität der bereitgestellten Information, die Qualität des Informationssystems und die Qualität der über das Informationssystem bereitgestellten Dienste beschrieben. Auch dieses Modell betont die Wichtigkeit der Benutzer und ihrer Nutzung des Informationssystems bei der Bewältigung von betrieblichen Aufgaben und der Unterstützung von Geschäftsprozessen.

1.2.2 Informationssysteme für die Zusammenarbeit zwischen Betrieben

Bis jetzt haben wir unser Augenmerk vor allem auf die internen Informationssysteme eines Betriebs gelegt. Früher war es auch so, dass die Grenze eines Betriebs mehr oder weniger als Grenze des gesamtbetrieblichen Informationssystems betrachtet wurde. Dies hatte die Konsequenz, dass man bei der Gestaltung innerhalb des Systems nur wenige Standards einhalten musste, da alle Anforderungen an das Informationssystem ihren Ursprung in den Aufgaben innerhalb des Betriebs hatten. Man hat das gesamtbetriebliche Informationssystem als Insel betrachtet und konnte die Informationssystemarchitektur weitgehend autonom gestalten. Eine Konsequenz davon ist, dass auch bei Betrieben mit sehr ähnlichen Leistungsprozessen das gleiche Problem oft völlig anders gelöst wurde, mit oft unterschiedlichen Namensgebungen für Funktionen und Datenstrukturen, ohne dass es hierfür einen sachlichen Grund gab.

Durch die wachsende Bedeutung des Internets hat seit den 1990er Jahren ein Umdenken begonnen, das je nach Branche unterschiedlich weit fortgeschritten ist. Durch den vermehrten Austausch von Daten zwischen Betrieben musste man sich auf Standards einigen, um die Kosten des Datenaustauschs gering zu halten. Kosten entstehen beispielsweise durch die Bereitstellung von geeigneten Schnittstellen, die Anpassung von unterschiedlichen Datenformaten oder einen bilateralen Einigungsprozess, um ein geeignetes Austauschformat zu finden. Je enger Betriebe kooperieren, desto größer wird der Bedarf des Datenaustauschs und desto wichtiger wird es, möglichst *offene* Standards zu nutzen, um diese Kosten zu reduzieren.



Unter einem **offenen Standard** (engl.: open standard) versteht man einen Standard, der für alle Marktteilnehmer zugänglich ist (das heißt, veröffentlicht ist), kostenfrei genutzt und wiederverwendet werden kann. Meist werden offene Standards von gemeinnützigen Organisationen beschlossen, die allen interessierten Parteien Einflussnahme bei der Ausgestaltung und Weiterentwicklung der Standards ermöglichen.

Über den zwischenbetrieblichen Datenaustausch lässt sich auch eine *betriebsübergreifende Integration von Informationssystemen* erreichen.

Ein **zwischenbetriebliches Informationssystem** (engl.: business-to-business information system oder interorganizational information system; Abkürzung: B2B system oder IOS) verbindet die Informationssysteme zweier oder mehrerer Betriebe.



Das Spektrum der möglichen Zusammenarbeit reicht vom bilateralen elektronischen Austausch von Bestellungen, Rechnungen usw. über integrierte Systeme entlang von Lieferketten bis zu *virtuellen Organisationen* (engl.: virtual organization) und zu gemeinsamen Informationssystemen einer großen Zahl von Betrieben verschiedener Branchen und Wirtschaftsstufen.

Beim automatisierten Austausch mit *Behörden* (engl.: business to government; Abkürzung: B2G) werden beispielsweise Geschäftsdaten für Steuererklärungen übermittelt oder Daten im Rahmen der Berichtspflichten weitergegeben. Entlang von *Lieferketten* werden betriebsübergreifende Informationssysteme (engl.: supply chain management system) geschaffen, über die oft mehrere Tausend Betriebe zusammenarbeiten (beispielsweise in der Nahrungsmittel-, Automobil- oder Flugzeugbranche).

Eine **virtuelle Organisation** (engl.: virtual organization) bezeichnet den IS-unterstützten Zusammenschluss mehrerer Organisationen zu einer neuen Organisationseinheit.



Dieser Zusammenschluss erfolgt vielfach auf beschränkte Zeit zum Zweck der Erlangung von Wettbewerbsvorteilen. Die Partner bringen ihre jeweiligen Stärken in diese Organisation ein und teilen sich Kosten und Risiken. Die Konsequenz der betriebsübergreifenden Kooperation ist, dass auch die Geschäftsprozesse Betriebsgrenzen überschreiten, und dass somit auch die Gestaltungsmöglichkeiten der Informationssysteme durch eine Vielzahl von externen Einflussgrößen beeinflusst werden. Standards für Geschäftsprozesse und für technische Aspekte werden wichtiger, um die Anlaufkosten für das Aufsetzen eines Interorganisationsprozesses möglichst wenig von betrieblichen Besonderheiten abhängig zu machen.

Ein **elektronischer Markt** (engl.: electronic market) ist eine rechnergestützte Plattform für den marktmäßig organisierten Tausch von Produkten und Dienstleistungen zwischen Anbietern und Nachfragern, die über Rechnernetze Zugang haben.



Elektronische Märkte dienen dazu, Angebot und Nachfrage von (und nach) Produkten oder Dienstleistungen elektronisch zusammenzuführen. Anbieter und

Nachfrager können sowohl Unternehmen und andere Organisationen (zum Beispiel öffentliche Verwaltungseinrichtungen) als auch Private sein. Manche elektronischen Märkte dienen nur zur Geschäftsanbahnung (Information), andere unterstützen auch den Geschäftsabschluss (Kaufvereinbarung) und die Geschäftsabwicklung (Lieferung/Retouren und Zahlungsverkehr). Neben branchenspezifischen Märkten, auf denen die Produkte und Dienstleistungen eines Wirtschaftszweigs (beispielsweise IT-Produkte oder Spielwaren oder Blumen) gehandelt werden, gibt es auch branchenübergreifende Märkte bis hin zu Gütern aller Art.

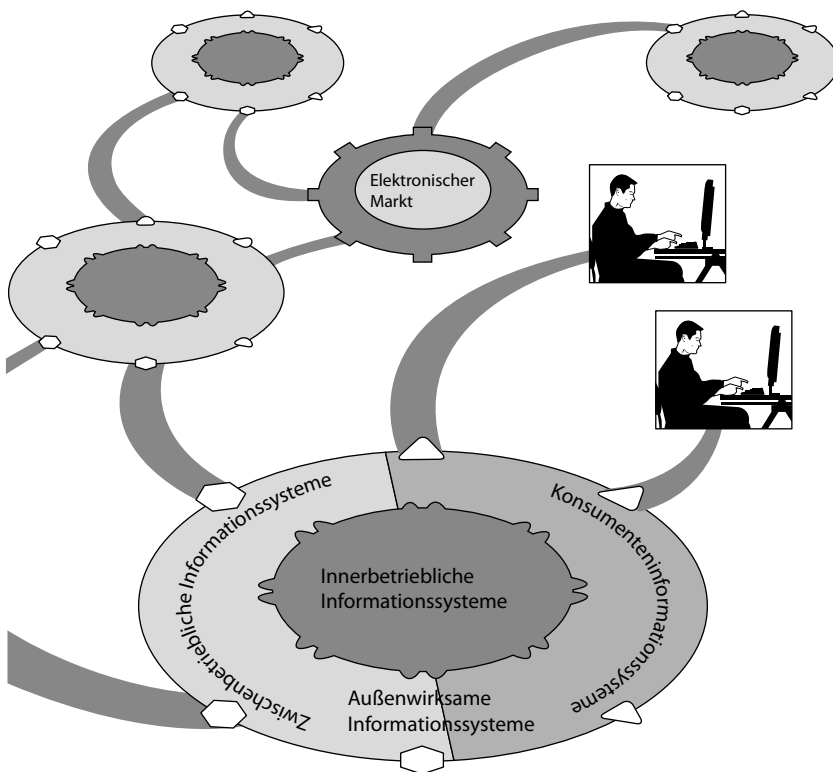


Abb. 1.8: Außenwirksame Informationssysteme

Zum Beispiel betreiben große Unternehmen wie *Airbus*, *Bosch*, *Liebherr*, *Siemens*, *Walmart*, die Automobilhersteller und staatliche Beschaffungsagenturen elektronische B2B-Märkte, um möglichst kostengünstig einzukaufen. *Xetra* der Deutschen Börse ist ein B2B-Markt für den Wertpapierhandel. Beispiele für branchenspezifische B2C-Märkte (Business-to-Consumer, Abkürzung: B2C) sind Reiseportale wie *Ebookers*, *Expedia*, *Opodo*, *Lastminute*, *TravelScout24* und *Travelchannel*, Hotelportale wie *Booking*, *HRS*, *TUI Hotels* und Fahrzeugmärkte wie *Mobile.de* und *AutoScout24*. *eBay* war ursprünglich eine elektronische Auktionsplattform, über die private Verkäufer gebrauchte Waren aller Art für Privatkunden angeboten haben (Consumer-to-Consumer, Abkürzung: C2C). Inzwischen wird neben Auktionen auch der Katalogverkauf angeboten, und die Hälfte des Umsatzes wird von gewerblichen Verkäufern mit neuen Produkten erzielt. Ebenso ist *Amazon Marketplace* ein C2C- und B2C-Markt für gebrauchte und neue Waren aller Art. Beide Märkte bieten eine weitreichende Unterstützung von elektronischen Geschäftstransaktionen bis hin zu eigenen Bezahl diensten an. *Craigslist* ist hingegen ein branchenübergreifender C2C-Markt, der sich ausschließlich auf die Geschäftsanbahnung zwischen Konsumenten mittels lokaler Kleinanzeigen beschränkt.

B

Rechnergestützte Informationssysteme kommunizieren nicht nur mit den Geschäftspartnern, sondern auch oft direkt mit den privaten Kunden des Betriebs.

Ein **Konsumenteninformationssystem** (engl.: consumer information system oder business-to-consumer information system, Abkürzung: B2C IS) dient zur Interaktion mit vornehmlich privaten Kunden (Konsumenten) beziehungsweise Interessenten, mit denen unter Umständen bisher noch keine oder nur sehr sporadische geschäftliche Kontakte bestanden.

!

Zwischenbetriebliche und Konsumenteninformationssysteme werden zur Klasse der außenwirksamen Informationssysteme zusammengefasst (siehe Abb. 1.8).

1.3 Beitrag von Informationssystemen zur Erreichung betrieblicher Ziele

Wir beschreiben in diesem Abschnitt zunächst die Ziele betrieblicher Informationssysteme und stellen anschließend anhand ausgewählter betriebswirtschaftlicher Konzepte aktuelle Lösungen durch Informationssysteme dar.

1.3.1 Ziele betrieblicher Informationssysteme

Ein **Ziel** (engl.: goal, objective) definiert einen gewünschten, in der Zukunft liegenden Zustand. Ein *betriebliches Ziel* dient zur Orientierung aller Mitarbeiter, insbesondere der Führungskräfte, um zu kommunizieren, welche Ergebnisse und Maßnahmen vom Betrieb angestrebt wer-

!

den. Ziele sind zugleich Maßstäbe, an denen der Erfolg gemessen werden kann. Betriebliche Informationssysteme sind Mittel zur betrieblichen Zielerreichung. Ziele betrieblicher Informationssysteme sind somit gleichgerichtete Unterziele betrieblicher Oberziele.

Informationssysteme können wesentlich zur Erreichung betrieblicher Ziele beitragen. Neben wirtschaftlichen (ökonomischen) Zielen können beispielsweise soziale, ökologische, kulturelle oder künstlerische Zielsetzungen verfolgt werden. Ein auf Nachhaltigkeit ausgerichtetes, das heißt, ressourcenschonendes und den langfristigen Fortbestand des Betriebs anstrebendes Management, umfasst sowohl wirtschaftliche als auch soziale und ökologische Ziele. Die Ausrichtungen des betrieblichen Zielsystems können zueinander neutral sein (indifferente Ziele), sich ergänzen (komplementäre Ziele) oder sie können sich gegenseitig behindern oder ausschließen (konkurrierende Ziele). Wirtschaftliche Ziele betonen die Sicht der Kapitalgeber, die sich in Vorgaben der Geschäftsführung wiederfinden. Bei Unternehmen sind Gewinn- oder Rentabilitätsstreben die bedeutendsten Faktoren. Weitere wirtschaftliche Ziele können das Bereithalten einer ausreichenden Liquidität, die Erreichung eines bestimmten Umsatzwachstums, die Erhöhung von Marktanteilen oder die Steigerung des Unternehmenswerts sein.

Wir behandeln an dieser Stelle nur die wirtschaftlichen Ziele von Informationssystemen, das sind jene aus den ökonomischen Oberzielen des Betriebs abgeleiteten (siehe Abb. 1.9), von der Geschäftsführung angestrebten Nutzeffekte durch den Einsatz von Informationssystemen. Auf die sozialen und ökologischen Ziele (und Gefahren) von Informationssystemen gehen wir bei der Diskussion der Wechselwirkungen zwischen Informationstechnik und Gesellschaft in den Abschnitten 2.1.4 und 2.1.6 ein.

Wirtschaftliche Ziele des Einsatzes von Informationssystemen sind

- die sichere, straffe, kostengünstige Abwicklung des Alltagsbetriebs (Rationalisierung),
- die aktuelle, umfassende Information zur Verbesserung der Anpassungsfähigkeit an die Bedingungslage,
- die Entscheidungsunterstützung durch die Analyse und Aufbereitung großer, heterogener Datenbestände und
- die Verbesserung von Prozessen und Realisierung neuer Geschäftsmodelle (Innovation).

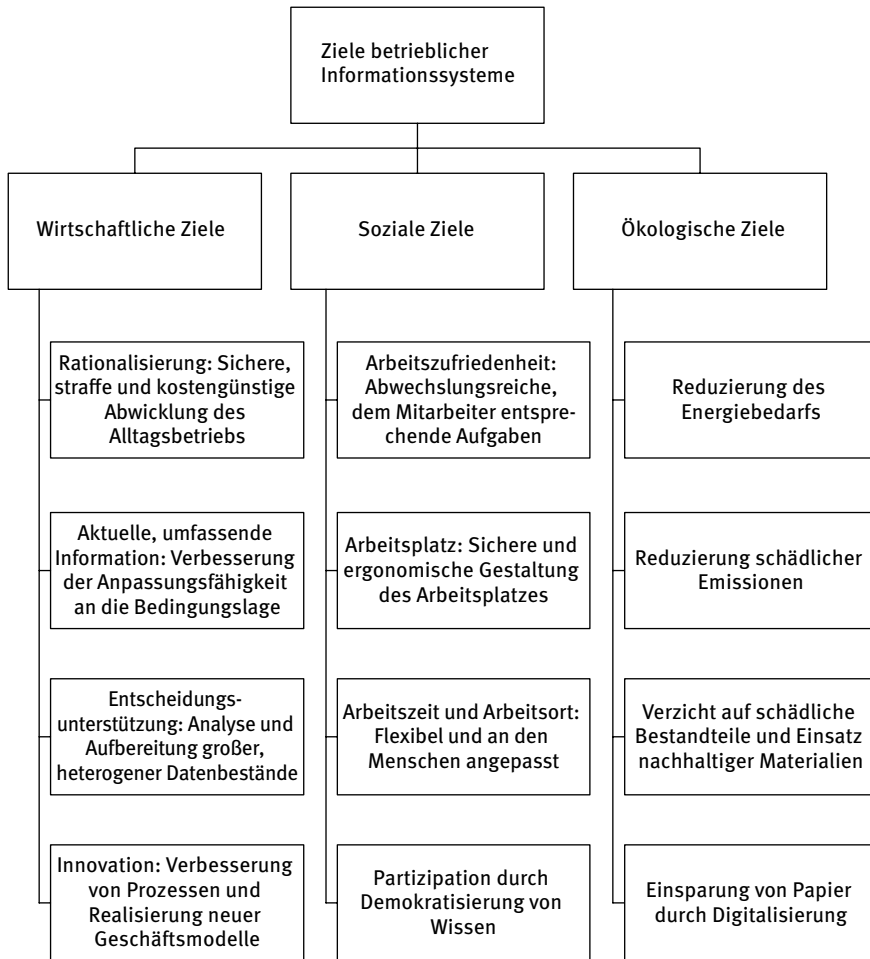


Abb. 1.9: Beitrag von Informationssystemen zur Erreichung betrieblicher Ziele

1.3.2 Rationalisierung

Für Industrie, Banken, Versicherungen, Handel oder Verkehrsbetriebe ist eine *umfassende, sichere Rechnerunterstützung im täglichen Betrieb* heute unumgänglich. Bei einem Ausfall der zentralen Anwendungen auf operativer Ebene „stehen alle Räder still“. Deshalb haben Fragen des IT-Sicherheits- und -Ausfallsmanagements eine große Bedeutung.

Ein wichtiger Grund für die Automatisierung von Informationsverarbeitungsaufgaben ist das *Rationalisierungsstreben*. Man erhofft sich gegenüber an-

deren möglichen Formen der Informationsverarbeitung vor allem durch die Einsparung von Personal *Kostenvorteile*, indem Arbeitsschritte, die zuvor von Mitarbeitern ausgeführt wurden, von Rechnern automatisiert abgewickelt werden. Rechner kennen keine Sperrstunde: Automatisierte Geschäftsprozesse können rund um die Uhr bearbeitet werden, ohne von den Arbeitszeiten von Arbeitnehmern abzuhängen. Rechner ermöglichen die *Bearbeitung großer Datenmengen*, die ohne Einsatz der Informationstechnik überhaupt nicht oder nicht rasch genug zu bewältigen wären.

B

Denken Sie zum Beispiel an die Auftrags erledigung in einem Großversandhaus, wo täglich über hunderttausend Kundenbestellungen nach dem immer gleichen Schema abzuwickeln werden und Millionen von Anschriften aufbewahrt werden müssen. Oder an die monatliche Abrechnung der Löhne und Gehälter für Millionen von Mitarbeitern in der Wirtschaft und in der öffentlichen Verwaltung, an die Milliarden jährlicher Kontenbewegungen in Banken oder an die sich immer wiederholenden Platzbuchungen bei Reisen mit der Bahn oder Fluggesellschaften. In der Praxis würden sich solche wiederkehrenden Massenarbeiten seit geraumer Zeit nicht mehr mit den früheren bürotechnischen Hilfsmitteln in befriedigender Weise erledigen lassen.

Rationalisierungsnutzen ergeben sich auch durch verbesserte Verfahren, Vermeidung von Doppelarbeit, Auslagerung von Arbeit und die dadurch ermöglichte Verschlankeung der Produktion und Verwaltung (flache Hierarchien). Mit der Automatisierung der Massen- und Routinevorgänge sind in der Regel eine Beseitigung monotoner Tätigkeiten für die Mitarbeiter, die Ausschaltung zahlreicher, auf der menschlichen Unzulänglichkeit beruhender Fehlerquellen und eine schnellere Abwicklung der Arbeitsvorgänge verbunden. Die Automatisierung von Geschäftsprozessen trägt somit zu einer Effizienzsteigerung im Betrieb bei.

1.3.3 Information und Entscheidungsunterstützung

Informationssysteme bieten darüber hinaus *aktuelle umfassende Information* und damit eine verbesserte Anpassungsfähigkeit an die sich immer rascher verändernde Bedingungs-lage. Bei der rechnergestützten Bearbeitung von Geschäftsprozessen fallen Transaktionsdaten an. Beispiele für Transaktionsdaten sind Bestellungen oder Abwicklungsdaten (beispielsweise welcher Geschäftspartner hat welche Produkte und Leistungen zu welchem Zeitpunkt in welchem Umfang erbracht). Die Gesamtheit dieser Daten bildet eine *qualifizierte Grundlage für unternehmerische Entscheidungen*. Durch die Analyse der anfallenden Daten kann beispielsweise die Unternehmensführung laufend „auf Knopfdruck“

über den Geschäftsfortschritt oder über mögliche Engpässe auf unterschiedlichem Detaillierungsgrad informiert werden. Ebenso ist es möglich, große Mengen solcher Daten im Nachhinein auf Verbesserungspotenziale zu untersuchen. Man kann aus diesen Daten mit statistischen Methoden frühzeitig Trends ermitteln, die Veränderungen bei den Produkten und Leistungsprozessen oder andere Maßnahmen erfordern. Durch maschinelles Lernen aus historischen Daten (Erkennung von Mustern in Beispielen) können Rechner sogar selbstständig Wissen aus sehr großen heterogenen Datenbeständen generieren. Wir gehen auf die Entscheidungsunterstützung durch Informationssysteme in Kapitel 7 im Detail ein und kommen auf die Verwaltung und Auswertung großer, heterogener Datenbestände („Big Data“) in Kapitel 10 zurück.

1.3.4 Innovation

Informationstechnik ist auch eine *befähigende Technik* (engl.: enabling technology). In diesem Sinne ist sie ein Wegbereiter für mehr Effektivität, da neue Formen von inner- und zwischenbetrieblichen Prozessen erst ermöglicht werden. Informationssysteme ermöglichen beispielsweise personalisierte, auf einen einzelnen Kunden maßgeschneiderte Angebote. Ohne Informationstechnik wäre das im Prinzip wohl auch möglich, es wäre aber ab einer gewissen Zahl von Kunden viel zu kostspielig und würde viel zu lange dauern. Durch derartige Verbesserungen können neue Geschäftsfelder erschlossen werden. Die Informationstechnik beschleunigt nicht nur, sondern revolutioniert die Art und Weise, wie Mitarbeiter und Marktpartner miteinander kommunizieren, zusammenarbeiten und Geschäfte machen.

1.4 IS-Lösungen für ausgewählte betriebswirtschaftliche Konzepte zur Steigerung des wirtschaftlichen Erfolgs

Wir betrachten im Folgenden die Zusammenhänge zwischen ausgewählten betriebswirtschaftlichen Konzepten und den Lösungen durch Informationssysteme am *Beispiel des Einzelhandels* etwas genauer (siehe Abb. 1.10). Dabei werden jeweils zuerst allgemeine Entwicklungen und sodann die handelsspezifischen Systeme gekennzeichnet.

Ausgewählte betriebswirtschaftliche Konzepte	Informationssysteme zur Erreichung wirtschaftlicher Ziele von Einzelhandelsbetrieben
Automatisierung	Warenwirtschaftssysteme, Scannerkassen, automatische Lagersysteme, Robotik-Kommissioniersysteme
Selbstbedienung	Regaloptimierung, Elektronische Regalbeschriftung, Self-Scanning, kontaktloses Bezahlen mit Smartphone oder NFC, Online-Shopping
Individualisierung	1:1-Marketing, Produktgestaltung mit Konfiguratoren, Empfehlungssysteme, virtuelle und erweiterte Realität, Paketverfolgung, Kaufverhaltensanalyse, CRM-Systeme
Erschließung neuer Märkte durch globale Vernetzung	Elektronischer Datenaustausch, Supply-Chain-Management-Systeme, Elektronische Märkte, Konsumenten-IS, Soziale Medien
Erschließung neuer Märkte durch Ubiquitous-Computing	Responsive Webdesign oder mobile Websites, mobile Shopping-Apps, mobile Datenerfassung
Prozessverfolgung und Erschließung neuer Märkte durch „intelligente“ Dinge	RFID zur berührungslosen Identifikation, Steuerung und Verfolgung der Waren entlang der gesamten Lieferkette, selbstgesteuerte Autos und Drohnen für die Warenzustellung

Abb. 1.10: Informationssysteme zur Erreichung wirtschaftlicher Ziele im Einzelhandel

1.4.1 Automatisierung

Die sichere, straffe und kostengünstige Abwicklung des Alltagsbetriebs erfolgt im *Einzelhandel* durch integrierte, seit Jahrzehnten ausgereifte *Warenwirtschaftssysteme*, die die Mitarbeiter in Einkauf, Lagerhaltung und Verkauf sowie in der Verwaltung (Finanz- und Rechnungswesen, Personalwirtschaft usw.) unterstützen. Die Verkaufsabrechnung wird durch *Scannerkassen* (das sind Registrierkassen, die Produktnummern automatisiert beim Bezahlvorgang auslesen können) beschleunigt, die Tippfehler beim Kassieren vermeiden, und die auch durch Aushilfspersonal oder neue Kassierer ohne Kenntnis von Artikelnummern oder Artikelpreisen verwendet werden können. Voraussetzung für den Einsatz von Scannerkassen war die Standardisierung von Artikelnummern und die maschinenlesbare Verschlüsselung durch einen Strichcode (Näheres folgt später in diesem Kapitel). Scannerkassen integrieren Peripheriegeräte wie Waagen und Drucker, die detaillierte Rechnungen und Werbeangebote ausdrucken. Die Scannerkassen einer Verkaufsstätte sind untereinander und mit der Zentrale verbunden und erlauben die Speicherung und Auswertung aller Verkäufe. Dadurch werden die Lagerbestände automatisch aktualisiert, es werden Engpässe verhindert, Nachlieferungen an die Verkaufsstätten automatisch aus-

gelöst und Nachbestellungen bei Lieferanten vorgeschlagen. Die Verkaufsdaten können im Detail analysiert werden, um die Marketingaktivitäten gezielter einsetzen zu können. Für bekannte Kunden (mit Kundenkarten) können gezielt Sonderaktionen durchgeführt werden. *Automatische Lagersysteme* für die Ein- und Auslagerung und Nachverfolgung der Waren sowie die Zusammenstellung von Artikeln (Kommissionierung) für den Versand an Filialen und Kunden kommen ganz ohne Mitwirkung des Menschen aus.

1.4.2 Selbstbedienung

Selbstbedienung bezeichnet die Übertragung von Tätigkeiten an Kunden, die früher durch das Personal ausgeführt wurden. Selbstbedienung führt zu einer wesentlichen Kostenreduktion, weil weniger Mitarbeiter benötigt werden. Der starke Preisdruck im Handel durch Discounter und die Preistransparenz durch das Internet haben zu einer starken Ausweitung dieser Bedienungsform geführt. Eine vollständige Selbstbedienung wird durch *Verkaufsautomaten* und beim *Online-Shopping* realisiert. Eine teilweise Selbstbedienung in Form der *Selbstauswahl* der Waren und Selbsttransport zur Kasse ist in Ladengeschäften, Kauf- und Warenhäusern vorherrschend. Die bestmögliche Ausnutzung der vorhandenen Verkaufsfläche durch eine renditeorientierte Warenplatzierung in den Regalen wird durch *Regaloptimierungsprogramme* unterstützt, die in der Fallstudie in Kapitel 7 näher beschrieben werden. In ähnlicher Form kann die Warenpräsentation in elektronischen Katalogen für das Online-Shopping optimiert werden. *Elektronische Regaletiketten* (engl.: electronic shelf labeling) erlauben rasche, kostengünstige Preisänderungen (beispielsweise bei Aktionen) und bieten eine hohe Preisgenauigkeit, Zeitgewinn und Arbeitserleichterung für die Mitarbeiter in den Verkaufsstätten. Weitere rechnergestützte Selbstbedienungsfunktionen sind die Verkaufsabrechnung mittels *Self-Scanning-Kassen* durch die Kunden und das *kontaktlose Bezahlen* mit Smartphone oder Debit- oder Kreditkarten mit Nahfeldkommunikation (engl.: near field communication, Abkürzung: NFC). Die 2018 eröffneten *Amazon-Go-Märkte* (Näheres folgt noch in diesem Kapitel) gehen hier noch einen Schritt weiter: Die Produkte, die Kunden den Regalen entnommen haben, werden automatisiert bis zum Ausgang verfolgt, wo ohne Kasse die Verrechnung vollautomatisch über vorher vereinbarte Zahlungsmodalitäten erfolgt.

Die Auslagerung von ehemals intern erbrachten Leistungen an die Konsumenten reduziert nicht nur die Kosten, sondern erhöht auch die Zufriedenheit der Kunden, die unbeeinflusst von drängendem Personal das Einkaufstempo selbst bestimmen können. Sie profitieren zudem von den heute üblichen sehr

großen Sortimenten mit über 10.000 Artikeln in einem Supermarkt und Hunderttausenden von Artikeln bei großen Internet-Händlern wie *Amazon*, die mit Bedienung nicht realisierbar wären. In Kapitel 6 gehen wir detailliert auf die Nutzeffekte des Online-Shoppings ein.

1.4.3 Individualisierung

Das Auslagern von Leistungen kann auch in Bereichen erfolgen, die traditionell in den Kernkompetenzen der Betriebe lagen, wie beispielsweise dem *Produktdesign*. Viele Geschäftsideen entspringen der Idee eines Konsumenten oder einer Forschungsabteilung für ein spezielles Produkt, für das der Vertrieb und/oder die Fertigung durch den Betrieb erbracht werden. Ein Problem hierbei ist, dass der Erfolg des Produkts von der antizipierten Konsumentennachfrage und von der Marktsituation abhängt. Die erwarteten Absatzzahlen bestimmen die Bestellmenge im Handel und die Art der Produktion in der Industrie. Sind die Absatzerwartungen zu hoch, bleibt der Betrieb auf seinen Produkten sitzen, die dann verschleudert werden müssen. Sind diese Erwartungen zu gering, geht ein möglicher Gewinn verloren. Auf Basis der Produktidee werden die Geschäftsprozesse optimiert, und es wird mit möglichst geringen Kosten beim Lieferanten bestellt und produziert.

Durch Informationstechnik kann die Geschäftsidee, das innovative Produktdesign, direkt von Kunden erbracht werden, welche Produkte für ihre persönlichen Bedarfe und Interessen selber entwerfen.



Unter **benutzergetriebener Innovation** (engl.: user driven innovation) versteht man einen systematischen Ansatz, um innovative Produkte und Dienstleistungen direkt durch Nachfrager zu entwerfen. Wichtiges Unterscheidungsmerkmal zur unternehmensgesteuerten Innovation ist hierbei, dass der Betrieb nicht im Voraus die Bedarfe der Kunden antizipieren muss (engl.: based on unrevealed needs), sondern dass ein Kunde seine Wünsche direkt in das Produktdesign einbringen kann.

Die Produktindividualisierung wird durch *Produktkonfiguratoren* unterstützt, die die Teile und ihre Ausprägungen sowie mögliche Produktvariationen zeigen, den Benutzer durch den Konfigurationsprozess führen und laufend die Konsistenz und Machbarkeit der konfigurierten Lösungen überprüfen. Mittels *virtueller und erweiterter Realität* (Näheres folgt später in diesem Kapitel) können die Kunden die von ihnen in Erwägung gezogenen oder konfigurierten Produkte in der vorgesehenen Umgebung anschauen. Beispielsweise gibt es Smartphone-Apps und Terminals im Verkaufsraum, mit denen konfigurierte Autos virtuell Probe gefahren werden können, mit denen die ausgewählten Mö-

bel in der vorher unter Programmanleitung ausgemessenen Küche, dem Wohn- oder Schlafzimmer maßstabsgetreu platziert werden können oder mit denen Outdoor-Kleidung im Himalaja ausprobiert werden kann.

Virtuelle Realität (engl.: virtual reality) ist ein mittels Echtzeitanimation nachgebildeter, dreidimensionaler Ausschnitt der realen Welt, die mit ihren physikalischen Eigenschaften dargestellt wird. Der Benutzer kann diesen künstlichen Raum „begehen“ und die darin befindlichen Objekte fühlen und bewegen. Die Kombination der physischen Realität mit Elementen der virtuellen Realität wird *erweiterte Realität* (engl.: augmented reality) genannt.



Die Umsetzung einer virtuellen Realität ist technisch aufwendig. Der Begriff wird häufig auch dann verwendet, wenn nur Elemente der virtuellen Realität verwendet werden, wenn beispielsweise bewegliche 3-D-Ansichten genutzt werden, die der Benutzer „durch“ seinen Bildschirm betrachtet und deren Objekte er mit den Fingern, Zeigegeräten und der Tastatur manipulieren kann.

In manchen Fällen können Konsumenten ihre Designs direkt an den Händler oder Hersteller weiterleiten (beispielsweise in Form von Bilddateien für T-Shirts direkt aus den persönlichen Informationssystemen), oder sie können 3-D-Designs in standardisierten Formaten bereitstellen, die von den Fertigungsrobotern direkt oder mit geringem Zwischenaufwand herangezogen werden können. Beispiele hierfür gibt es aus den Bereichen Bekleidung, Schmuck oder Möbel. In manchen Fällen ist das Design nicht unmittelbar umsetzbar, sondern es wird vom Betrieb gemeinsam mit „Lead-Usern“ vorangetrieben. „Lead-User“ sind Benutzer, deren Bedürfnisse und Ideen dem Markt vorauslaufen.

Interessant ist, dass Konsumenten für Produkte, in deren Entwicklung sie selber Aufwand investiert haben, sogar bereit sind, höhere Preise zu zahlen – eigentlich könnte man auf Grund der Arbeitsteiligkeit das Gegenteil erwarten. Außerdem verzichten sie bei den individualisierten Produkten auf das Rückgaberecht, das ihnen bei der Bestellung von Standardprodukten im Internet gesetztmäßig zusteht (bei Bekleidung und Schuhen ist eine Retourenquote von über 40 Prozent der bestellten Standardprodukte keine Seltenheit, was für die Anbieter erhebliche Kosten verursacht).

Die Beispiele zeigen auch in der Fertigung eine Ausweitung der Möglichkeiten von traditionellen, intern entworfenen Massenprodukten über koproduzierte Produkte bis zu individualisierten Produkten. Wenn die Fertigung der individualisierten Produkte mit Methoden der Massenproduktion erfolgt, so spricht man von *kundenindividueller Massenproduktion* (engl.: mass customization). Für den Hersteller bedeutet das, dass produktionsseitig eine weit höhere Flexibilität erforderlich wird, die wiederum nur durch Vernetzungen mit anderen Betrieben und durch kostengünstige Zwischenprodukte erbracht werden kann.

Ohne intensiven Einsatz von Informationstechnik wären diese Geschäftsformen nicht möglich.

Individualisierung ist ein gesellschaftlicher Megatrend, der im Einzelhandel nicht nur zu Produktvielfalt und Produktindividualisierung führt, sondern der auch durch die *individuelle Kundenansprache* bessere Absatzchancen erschließt. Basis sind die Profile registrierter Kunden, die durch *automatisierte Kommunikations- und Kaufverhaltensanalysen* gewonnen werden, die wiederum zu vollautomatisierten, auf Kundengruppen oder einzelne Kunden bezogenen Marketingaktionen führen. Beim Online-Shopping animieren *Newsletter* und *Empfehlungssysteme* die Kunden durch Kaufvorschläge, Produktbewertungen und Erläuterungen zum Kauf. Nach dem Kauf können die Kunden die für sie bestimmten Sendungen im Internet durch *Paketverfolgungssysteme* (engl.: package tracking system) der Zusteller verfolgen. Im stationären Handel sind gezielte, warengruppen- oder herstellerbezogene Rabattaktionen durch individualisierte Serienbriefe üblich. *Kundenbeziehungsmanagementsysteme* (engl.: customer relationship management system, Abkürzung: CRM) unterstützen kundenbezogene Geschäftsprozesse in allen Phasen. Nach Möglichkeit werden sämtliche Kanäle zur Kundenkommunikation (TV, Radio, Telefon, gedruckte Kataloge, persönlicher Verkauf, Webaufttritt, E-Mail usw.) integriert. Die Personalisierung der Interaktionen mit den Kunden wird als *1:1-Marketing* (engl.: one-to-one marketing) bezeichnet. Sie soll eine engere Kundenbindung und dadurch eine Steigerung der Erlöse bringen. In Kapitel 6 werden die genannten Informationssysteme zur Unterstützung des E-Commerce näher erläutert.

1.4.4 Erschließung neuer Märkte

In diesem Abschnitt beschreiben wir die Erschließung neuer Märkte durch ausgewählte, aktuelle Informationstechniken: die globale Vernetzung, überall verfügbare mobile Endgeräte und das Internet der Dinge.

Globale Vernetzung und überall verfügbare mobile Endgeräte

Das Internet ist heute eine globale Plattform für jede Art von geschäftlicher und privater Zusammenarbeit. Durch die zunehmende Vernetzung tritt die räumliche Entfernung in den Hintergrund. Das bedeutet, dass Nachfragern und Anbietern von Leistungen ein weltweiter Markt zur Verfügung steht, der für *Nachfrager* eine potenziell sehr große Zahl von Geschäftspartnern eröffnet. Diese Vielfalt führt zu einer vergrößerten Konkurrenz und letztendlich zu niedrigeren Preisen. *Anbieter* müssen sich bewusst sein, dass sie auf einem globalen Markt agieren. Einerseits

eröffnen sich über E-Commerce potenziell riesige Absatzmärkte (die sich nicht für alle Produkte im gleichen Umfang eignen; mehr dazu später), andererseits sind auch andere Anbieter für deren Kunden „nur einen Klick weit entfernt“, die möglicherweise von wesentlich günstigeren Kostenstrukturen profitieren (beispielsweise unterschiedlichen Lohnniveaus). Betriebe sind sowohl Nachfrager (beispielsweise für Zulieferungen in der Produktion oder bei der Erfüllung von Unterstützungsprozessen wie im Rechnungswesen oder bei IT-Dienstleistungen) als auch Anbieter von Leistungen in einem globalen Markt.

Darüber hinaus können, wie in Abschnitt 1.2.2 erwähnt, Betriebe als *Vermittler* zwischen Angebot und Nachfrage, als *Betreiber elektronischer Märkte*, auftreten und durch Gebühren oder Provisionen Erlöse erwirtschaften. Auch für die Konsumenten ist die Nutzung solcher Vermittlungsdienste attraktiv. Einerseits können sie dadurch ihre eigenen Güter (gebrauchte Möbel, Autos, Wohnungen usw.) und Dienstleistungen (Nachhilfeunterricht usw.) leichter verkaufen oder mit Dritten teilen, das heißt zur Mitbenutzung anbieten. Andererseits können sie durch elektronische Märkte beispielsweise aus einer großen Vielfalt von neuen und gebrauchten Waren sehr vieler Anbieter wählen, preisgünstige Privatzimmer und -wohnungen fast überall auf der Welt kurzzeitig anmieten, Fahrdienstleistungen in Anspruch nehmen usw.

Zum Beispiel sind auf den von *Amazon* und *eBay* betriebenen elektronischen Märkten allein in Deutschland jeweils über 100.000 Anbieter registriert. Der Umsatz des deutschen *Amazon Marketplace* wächst schneller und ist seit 2016 höher als der Umsatz des deutschen *Amazon-Eigenhandels*. Darüber hinaus ist der Marktplatz für *Amazon* hervorragend geeignet, ohne großes Risiko neue Produkte zu testen und diese bei Erfolg in das eigene Sortiment aufzunehmen. *Airbnb* bietet über 4 Millionen Unterkünfte in über 190 Ländern an. *Uber* ermöglicht es in vielen Städten der Welt, über eine App Fahrer zu buchen, die den Fahrgast mit ihren eigenen Autos zum gewünschten Ziel bringen. Weltweit sind über 1,5 Millionen Fahrer für *Uber* tätig.

B

Der Zugang zur Informationstechnik hat sich seit der Jahrtausendwende drastisch geändert. Durch den heute überall verfügbaren Zugang zum Internet und damit zu den meisten Informationssystemen über mobile Endgeräte verringert sich der Aufwand für Geschäftstransaktionen für Betriebe und Private. Wenn der Zugang zu Informationssystemen allgegenwärtig ist, spricht man vom *Ubiquitous-Computing* (engl.: ubiquitous computing). Je mehr Personen über ein Smartphone oder einen Tablet-Computer verfügen, desto interessanter wird die Bereitstellung von Angeboten über diese Plattformen. Viele der mobilen Geräte sind zudem kostengünstiger als traditionelle PCs, wodurch sich die Durchdringung der Bevölkerung mit Informationstechnik weiter erhöht (siehe Abb. 1.11).

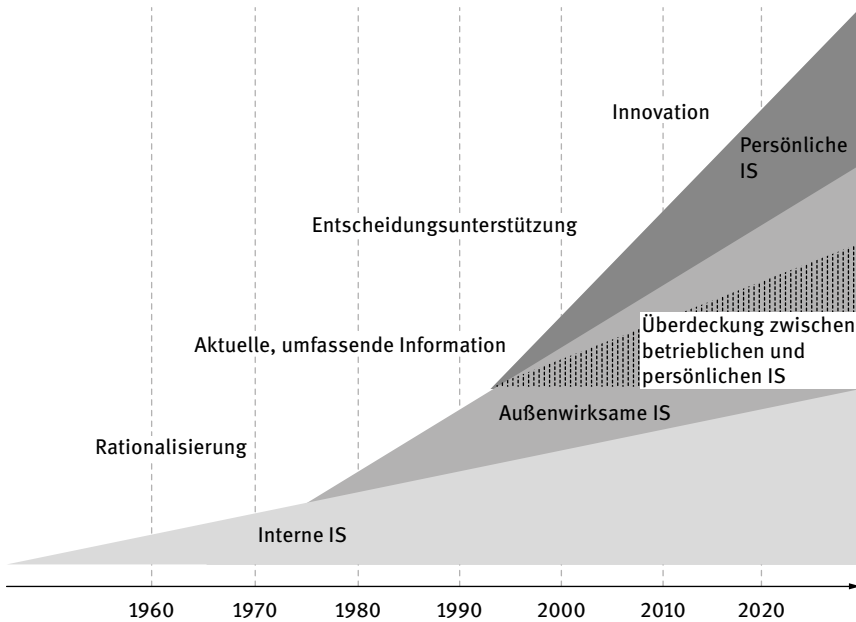


Abb. 1.11: Betriebliche und persönliche Informationssysteme

Mobile Endgeräte sind persönliche Informationshilfsmittel für Individuen, die als universelles Instrument verwendet werden, um *sowohl geschäftliche als auch private Aufgaben* zu erledigen. Das Smartphone verwaltet die persönlichen und geschäftlichen Kontakte und Termine, bildet den Zugang zu Kurzmitteilungsdiensten (beispielsweise SMS, Twitter, WhatsApp), Bilder- und Musikdiensten (beispielsweise Instagram, Spotify) und zu sozialen Netzwerken (beispielsweise Facebook, YouTube). Es werden ähnlich zu den betrieblichen Informationssystemen *persönliche Informationssysteme* geschaffen, die sich häufig über mehrere Systeme verteilen.



Ein **persönliches Informationssystem** (engl.: personal information system) ist ein Informationssystem für die Informations- und Kommunikationsbedarfe eines Individuums, das sowohl geschäftliche als auch private Aktivitäten abdecken kann. Persönliche Informationssysteme werden in der Regel durch tragbare Informationshilfsmittel (beispielsweise Smartphones) unterstützt und erstrecken sich vielfach über unterschiedliche Rechnersysteme (beispielsweise Internet-Dienste).

Oft lassen sich persönliche und geschäftliche Nutzung nicht trennscharf unterscheiden. Genauso wie es möglich ist, geschäftliche Transaktionsdaten zu analysieren, können auch die privaten Nutzungen analysiert werden, wodurch sich

viele Fragen des *Schutzes der Privatsphäre (Datenschutz)* ergeben. Gleichzeitig wird klar, dass diese Trends auch für die betriebliche Leistungserstellung viele Potenziale aufweisen, die heute vielfach noch unbekannt sind.

Die Entwicklung, dass zunehmend nicht mehr die *Produkte* selbst, sondern ihre *Nutzung in Form von Dienstleistungen* angeboten und nachgefragt werden, wurde erst in großem Stil durch das Internet ermöglicht und durch die starke Verbreitung von Smartphones begünstigt. Während die Kunden früher einzelne Musikstücke, Alben und Filme auf Datenträgern (CDs und DVDs) im Fachgeschäft gekauft oder geliehen haben, nutzen sie heute überwiegend Downloads und Streaming-Anbieter, die eine fast unbegrenzte Auswahl von Musikstücken und Filmen zur vorwiegenden Nutzung über Smartphones anbieten. Die Software (Apps) für mobile Geräte wird von elektronischen Softwaremärkten wie *Google Play* und *App Store (Apple)* heruntergeladen und automatisch aktualisiert. Die Geschäftsmodelle von Fahrdienstleistern wie *Uber* oder von Car-Sharing-Unternehmen wie *Car2Go* oder *DriveNow* wären ebenfalls ohne das Internet und die allgegenwärtige Verfügbarkeit von Smartphones nicht machbar.

Auch das *Angebot von Software als Dienstleistung* (engl.: software as a service, Abkürzung: SaaS) über das Internet ist ein weit verbreitetes Geschäftsmodell, das immer mehr Betriebe nutzen. Wir gehen darauf in Kapitel 2 und 12 im Zusammenhang mit dem Cloud-Computing näher ein.

Im *Einzelhandel* wird durch den *elektronischen Datenaustausch* (engl.: electronic data interchange) über Geschäftstransaktionen (Bestellungen, Rechnungen, Überweisungen, Warenerklärungen usw.) die Kommunikation mit Marktpartnern wesentlich beschleunigt. Da die Daten in standardisierter Form übertragen werden, können sie von den Empfängern direkt in ihren Informationssystemen weiterverarbeitet werden. *Supply-Chain-Management-Systeme* koordinieren die Zusammenarbeit mit Lieferanten entlang der Lieferkette. Der Einzelhändler bestellt nicht mehr wie üblich beim Lieferanten, sondern meldet diesem die Absatzzahlen, wodurch automatisch notwendige Nachlieferungen ausgelöst werden. In einem weiter gehenden Kooperationsmodell ist der Lieferant nicht nur für den Warennachschub, sondern auch für das Bestandsmanagement beim Händler verantwortlich. Vorteile sind die Reduzierung der Lagerbestände und eine bessere Warenverfügbarkeit. Auf der Verkaufsseite eröffnen *Elektronische Märkte* und *Konsumenteninformationssysteme* neue Vertriebswege. Wir gehen in Kapitel 6 ausführlich auf den E-Commerce ein.

Der Umsatz im deutschen Einzelhandel im Jahr 2017 wird vom Handelsverband Deutschland (HDE) auf 493 Milliarden Euro geschätzt. Davon entfielen knapp 10 Prozent auf den E-Commerce. Während im E-Commerce die Umsätze gegenüber dem Vorjahr um zehn Prozent gestiegen sind, konnte der stationäre Handel nur ein Plus von 1,2 Prozent realisieren.

Die Daten des *HDE-Online-Monitors* zeigen, dass bei rund der Hälfte der Umsätze im stationären Handel die Kunden vorher im Internet nach Information suchen. Umgekehrt informieren sich bei knapp 20 Prozent der Online-Umsätze Verbraucher im Handel vor Ort und kaufen dann online. Mehr als zwei Drittel aller Deutschen sind Online-Käufer. Für 2025 erwartet das Marktforschungsunternehmen *GfK* einen Online-Anteil von 15 Prozent, bezogen auf Nonfood, also ohne Lebensmittel und Drogeriewaren, von sogar 20 Prozent. Etwas mehr als die Hälfte der Online-Umsätze werden mittels mobiler Endgeräte wie Smartphones und Tablet-Computer realisiert.

Die Anpassung der Websites an mobile Endgeräte erfolgt über *responsives Webdesign* (engl.: responsive web design) oder *mobile Websites*. Im ersten Fall reagiert das System auf die jeweiligen Gerätekategorien, zum Beispiel durch automatische Anpassung des Layouts der Webseiten an die Fenster- oder Bildschirmgrößen. Am Inhalt muss nichts geändert werden. Mobile Websites werden eigens für mobile Geräte entwickelt. Sie enthalten Funktionen und Inhalte, die speziell für mobile Geräte geeignet sind – oft weniger als die Website-Versionen für Schreibtisch- und Notebook-PCs. *Shopping-Apps* sind Anwendungsprogramme für mobile Geräte, mit denen über das Internet bei einem bestimmten Anbieter (wie Amazon, ALDI, eBay, IKEA, Tchibo, Media-Markt, OTTO, Zalando usw.) online eingekauft werden kann.

Mit der Verbreitung mobiler Geräte und Anwendungen ist der technische Fortschritt jedoch noch keineswegs abgeschlossen. Die Informationstechnik hält zunehmend Einzug in die Geräte des täglichen Lebens.

„Intelligente“ Dinge



Das **Internet der Dinge** (engl.: Internet of things; Abkürzung: IoT) beschreibt die Entwicklung, dass immer mehr Gebrauchsgegenstände mit Speichern und Prozessoren ausgestattet und mit dem Internet verbunden werden. Diese „intelligenten“ Gegenstände (engl.: smart things) können somit auf öffentlich verfügbare Information zugreifen (engl.: public linked data), über das Internet gesteuert werden und mit anderen intelligenten Dingen direkt kommunizieren (engl.: machine to machine communication, abgekürzt: M2M). Da auch zunehmend Personen, Betriebe, Prozesse, Gebäude, Fahrzeuge und Gegenstände aller Art über eine virtuelle Identität verfügen und sich gegenseitig abstimmen können, läuft die Entwicklung in Richtung des *Internets alles Seienden* (engl.: Internet of Everything; Abkürzung: IoE).

Beim *Internet der Dinge* werden bereits heute zunehmend mehr Dinge des täglichen Lebens (vom TV-Gerät, Kühlschrank, Kaffeemaschine, Personenwaage, Fortbewegungsmittel bis zu am Körper getragenen Produkten wie Kleidung, Ketten, Armbänder, Uhren, Brillen usw.) mit Sensoren und Rechnern ausgestattet, die über das Internet erreichbar sind. Das Besondere an der Verwendung

dieser in Dinge integrierten (engl.: embedded) Rechner ist, dass sie vom Benutzer nicht wahrgenommen werden, sondern dass die „Dingfunktion“ im Vordergrund steht. Übliche Dinge des täglichen Lebens verfügen dadurch neben ihren ursprünglichen Funktionen über informationstechnische Eigenschaften, durch die sie Information direkt mit anderen Dingen austauschen können.

Über Informationssysteme, die eine *erweiterte Realität* (engl.: augmented reality) unterstützen, wird es möglich, die uns umgebende Realwelt mit Information aus dem Internet anzureichern (man spricht von einer erweiterten Realitätswahrnehmung). Entsprechende Systeme, die oft mit Bilderkennungssoftware und Sensoren wie einem Kompass (für die Blickrichtung) und Positionserkennung ausgestattet sind, betrachten laufend die Umgebung und verknüpfen Videobilder der Umwelt mit Information, beispielsweise aus Wikipedia. Oder die Software erkennt am Straßenrand Verkehrsschilder und blendet die Beschränkungen auf der Fahrzeugkonsole ein, oder erkennt Fußgänger oder Gefahren und bremst das Fahrzeug ab. Fahrassistenten verwandeln Autos in Roboter, die Abstand halten, einparken, bald autonom fahren können. Rasenmäher- und Staubsaugerroboter helfen bei der täglichen Arbeit, ferngesteuerte Drohnen ersetzen Kampfpiloten oder Paketzusteller. All diese Geräte sind letztendlich *sich bewegende Rechner* mit einer Vielzahl an Sensoren, über die sie laufend Information aus der Umwelt empfangen und diese verarbeiten. Gleichzeitig werden zunehmend Sensornetzwerke aufgebaut, die über den Straßenverkehr, die Luftverschmutzung, den Wasser- und Stromverbrauch, die Erdbebengefahr usw. laufend informieren.

Unter **RFID** (Abkürzung von engl.: radio frequency identification) versteht man ein auf Funktechnik basierendes Verfahren zur automatischen Identifizierung und Lokalisierung von Objekten (Waren, Fahrzeuge usw.) und Lebewesen (Personen, Haus- und Weidetiere). Ein RFID-Chip versendet eine eindeutige Identifikation, kann aber gegebenenfalls auch weitere Information liefern. Ein passiver RFID-Chip kommt ohne eigenen Stromquelle aus und verwendet die in den empfangenen Funkwellen enthaltene Energie, um seine Daten zu verschicken.



Im Einzelhandel hat die Erprobung von *RFID-Etiketten* durch große Unternehmen wie Walmart und Metro schon in den frühen 2000er Jahren begonnen. RFID ermöglicht per Funk die berührungslose Identifikation, Steuerung und Verfolgung der Waren entlang der gesamten Lieferkette. Auf einem RFID-Etikett (engl.: RFID tag) kann ein elektronischer Produktcode (engl.: Electronic Product Code, Abkürzung: EPC) abgespeichert werden. Je nach Einsatzgebiet gibt es unterschiedliche weltweit genormte Codes – beispielsweise für Mehrwegtransportbehälter und Transportverpackungen, für Transporteinheiten (Paletten) oder Endverbrauchereinheiten (Artikel). Im Gegensatz zum auf Etiketten gedruckten GTIN-

Strichcode (Abkürzung von engl.: Global Trade Item Number, früher European Article Number, Abkürzung: EAN) ermöglicht ein RFID-Etikett mit dem entsprechenden EPC eine eindeutige Identifikation jedes einzelnen Artikels. Bei der Erfassung der Produktdaten mittels RFID-Lesegeräten beim Transport, Wareneingang und -ausgang, im Lager, im Verkaufsregal und an der Kasse müssen die Produkte dadurch nicht vereinzelt und ausgerichtet werden. In wenigen Sekunden können mehrere Hundert Artikel erfasst werden. Dabei muss kein Sichtkontakt zum Produkt bestehen, das heißt, es können auch die einzelnen Artikel auf Paletten, in Paketen oder Einkaufswagen in kürzester Zeit automatisch erfasst werden. Als wichtigste Nutzen nennen RFID-Anwender die Erhöhung der Verfügbarkeit von Artikeln, die Rückverfolgbarkeit, die Fälschungssicherheit und die Reduzierung von Diebstählen mittels automatischer Ausgangskontrollen.

Als zukunftssträchtige RFID-Anwendungen im Einzelhandel gelten „intelligente“ Warenregale, die kundenindividuelle Werbung im Verkaufsraum und das vollautomatische Kassieren.

Warenregale mit integrierten RFID-Leseantennen können die im Regal gelagerten Waren automatisch erfassen – was aber voraussetzt, dass alle Waren mit RFID-Etiketten ausgestattet sind. Damit können falsch platzierte Waren gemeldet und bei der Unterschreitung von Mindestbestandsmengen Warnmeldungen oder Nachbestellungen ausgelöst werden. Auch die Überwachung des Mindesthaltbarkeitsdatums ist möglich.

Wenn sich die Kunden durch ihre mit RFID-Chip versehene Kundenkarte oder durch das Scannen einer Smartphone-App identifizieren beziehungsweise die Einwilligung zur automatischen Identifizierung geben, sind noch viel weiter gehende Funktionen, ähnlich wie beim Online-Shopping, realisierbar. Dazu gehören beispielsweise kundenindividuelle, auf den jeweiligen Ort bezogene Produktempfehlungen und Hinweise auf Verkaufsaktionen durch Bildschirme an den Regalen und Einkaufswagen, Wegberechnung des Kunden zu den üblichen Produkten seiner Wahl mit Hinweis auf Ergänzungsprodukte auf dem Weg, Kunden-/Wagenlaufstudien im Verkaufsraum zur Optimierung der Regalausstattung und Produktplatzierungen, Kundenfrequenzauswertungen usw. Auf das Smartphone, das die meisten Kunden heute immer dabei haben, können ebenfalls ortsbezogene Angebote geschickt werden, und es kann damit das Kundenverhalten im Laden aufgezeichnet werden – auch ohne Einsatz der RFID-Technik per WLAN- oder Bluetooth-Ortung und Shopping-App. Eine weitere Möglichkeit ist die Ortung durch LED-Beleuchtungssysteme, die Lichtsignale an die Smartphone-Kameras aussenden, die daraufhin ihre Position übermitteln. Erste Tests dieser neuen Smartphone-bezogenen Ortungstechniken gibt es bereits. Diesbezüglich haben aber viele Kunden, die anonym einkaufen wollen, *Datenschutzbedenken*.

Zum *Beispiel* musste aus diesem Grund die *Metro AG* 2004 nach massiven Protesten von Datenschutzaktivisten und Verbraucherschützern rund 10.000 mit RFID-Chips versehene Kundenkarten in ihrem als Testlabor dienenden *Future Store* in Rheinberg austauschen. Die Kunden der 2018 für die Allgemeinheit eröffneten *Amazon-Go-Testmärkte* in Seattle, San Francisco und Chicago scheinen hingegen kein Problem damit zu haben, dass sie sich an Eingangsschleusen mittels Scannen einer Smartphone-Shopping-App als Amazon-Kunde identifizieren müssen, und dass sie am Regal bei der Warenentnahme als „3-D-Objekte“ wahrgenommen werden. Die den Regalen entnommenen oder zurückgestellten Produkte werden mittels Kameras, Waagen und Sensoren erfasst. Beim Verlassen des Supermarkts wird ohne Warteschlangen und Kassen vollautomatisch unter Verwendung der vom Kunden hinterlegten Kreditkarteninformation abgerechnet. Bis 2021 sollen 3.000 solcher *Amazon-Go-Läden* eröffnet werden.

Die *Verbreitung von RFID-Etiketten* erfolgte im *Einzelhandel* bisher langsamer als ursprünglich erhofft, von einem flächendeckenden Einsatz ist man weit entfernt. Gründe dürften sein, dass RFID- im Vergleich zu Strichcodeetiketten mehr kosten und dass den Lieferanten die von großen Einzelhandelsunternehmen erzwungene RFID-Etikettierung hauptsächlich Kostenerhöhungen und wenig Zusatznutzen gebracht hat. Bei einer Auflage von zirka 10.000 RFID-Etiketten betragen derzeit die Kosten pro Stück zwischen 10 und 20 Cent, erst bei milliardenfacher Auflage sinken die Kosten pro Stück auf zirka 5 Cent.

Die Preisangaben beziehen sich auf das Jahr 2018 und die im Einzelhandel üblichen passiven RFID-Etiketten. Aktive RFID-Chips mit eigener Stromversorgung, die auf Anforderung ihre gespeicherten Daten über eine größere Entfernung senden können, sind größer und teurer. Sie kommen nur dort zum Einsatz, wo der Nutzen die höheren Kosten rechtfertigt, zum Beispiel bei Container- oder Mautsystemen. Der Stückpreis beginnt bei zirka 25 Euro und kann bei RFID-Chips mit einer Batterie mit besonders hoher Lebensdauer, Prozessor oder Sensoren im Schutzgehäuse über 100 Euro betragen.

Dazu kommen weitere Kosten für die RFID-Lesegeräte, die Entwicklung der RFID-Anwendungen und die Integration in die Informationssysteme. Dementsprechend ist der RFID-Einsatz in Branchen mit hochpreisigen Waren am stärksten fortgeschritten. Am höchsten ist der RFID-Anteil im Handel mit Textilien und Bekleidung, wo 2017 weltweit 8,7 Milliarden RFID-Etiketten zur Warenauszeichnung verwendet worden sind. (Quelle: IDTechEx)

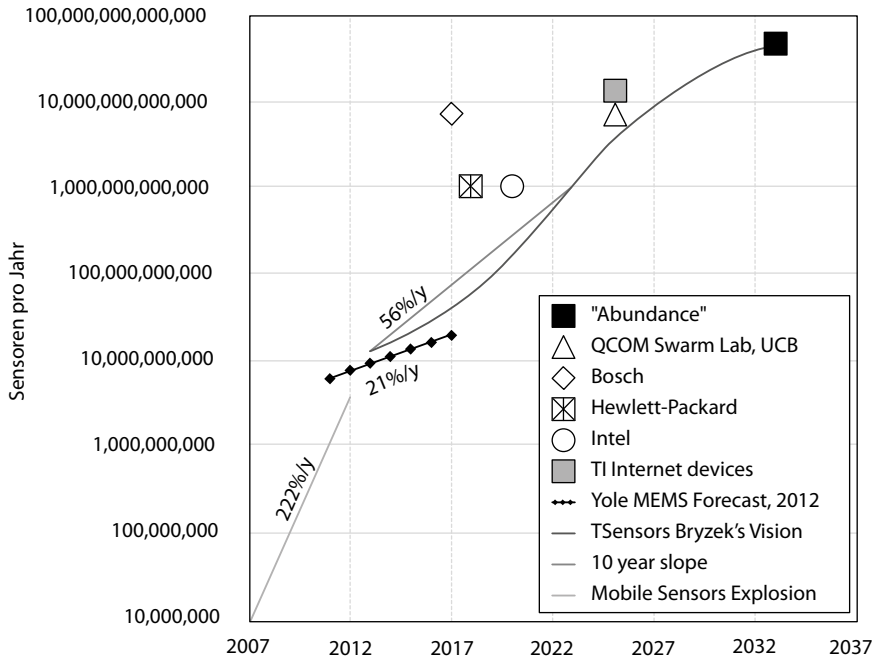


Abb. 1.12: Prognose der Anzahl an Sensoren (Quelle: Januz Bryzek, T-Sensors Summit 2013)

Nach Schätzungen von führenden Unternehmen der Halbleiterindustrie entwickelt sich die Anzahl der (vielfach vernetzten) *Sensoren* durch das Internet der Dinge und die zunehmende Miniaturisierung in den nächsten Jahren explosionsartig. Man rechnet mit etwa einer Billion (10^{12}) Sensoren (engl.: one trillion sensors) im Jahr 2020. Bei einer erwarteten Weltbevölkerung von 7,66 Milliarden Menschen ergäbe das etwa 130 Sensoren pro Person (siehe Abb. 1.12). Durch diese Sensoren wird es möglich, weit mehr Kontext- und Umweltinformation kostengünstig über Informationssysteme Kunden und Betrieben bereitzustellen, als es heute möglich ist.

Was bedeuten diese Entwicklungen für die Beziehung zwischen Menschen und Betrieben? Was bedeuten diese Veränderungen für die Wirtschaft insgesamt und die Gesellschaft? Wie können beispielsweise die aus den Sensornetzen gewonnenen Daten und intelligente Dinge in die nächste Generation von Geschäftsprozessen integriert werden? Im folgenden Kapitel behandeln wir zunächst die Wechselwirkungen zwischen Informationstechnik und Gesellschaft.

Die wichtigsten Punkte

1. Die *Wirtschaftsinformatik* befasst sich mit der Gestaltung rechnergestützter Informationssysteme in der Wirtschaft. Zweck ist es, die betriebliche Leistungserstellung und -verwertung hinsichtlich der Informationsflüsse und der Informationsverarbeitung zu unterstützen und zu verbessern. Die Wirtschaftsinformatik ist ein eigenständiges, integratives und interdisziplinäres Fach, das auf der Betriebswirtschaftslehre und der Informatik basiert.
2. Die *Unterstützung betrieblicher Informationssysteme* reicht von den operativen Aufgaben (Transaktionssysteme) über Aufgaben der Zusammenarbeit und Kommunikation (Büroinformations- und Kommunikationssysteme) bis zu Aufgaben der Managements (Planungs- und Kontrollsysteme, Managementunterstützungssysteme). Dabei werden sowohl innerbetriebliche Abläufe als auch die Geschäftsprozesse mit Marktpartnern unterstützt.
3. *Ziele von betrieblichen Informationssystemen* sind die schnellere, bessere und kostengünstigere Gestaltung von betrieblichen Abläufen (Rationalisierungsnutzen), aktuelle, umfassende Information (Informationsnutzen), Entscheidungsunterstützung und strategische Wettbewerbsvorteile durch neue Formen von inner- und zwischenbetrieblichen Prozessen (IT als befähigende Technik).
4. Informationssysteme können die Wirtschaftlichkeit von Betrieben durch die Automatisierung von Geschäftsprozessen und die Unterstützung von betriebswirtschaftlichen Konzepten wie Selbstbedienung und Individualisierung erhöhen. Sie befähigen Betriebe zur Erschließung neuer Märkte durch die globale Vernetzung, Ubiquitous-Computing und das Internet der Dinge.



Übungs- und Lehrmaterialien zu diesem Kapitel finden Sie im Web über den abgebildeten QR-Code. Richten Sie Ihre Smartphone- oder Tablet-Kamera auf das nebenstehende Bild, um zu den Inhalten zu gelangen.

Literatur

- J. Bryzek: Roadmap for the Trillion Sensor Universe, iNEMI Spring Member Meeting and Webinar, Berkeley, CA 2013, unter <https://www-bsac.eecs.berkeley.edu/publications/inemi2013.php?URLnode=57>.
- H. Chesbrough, W. Vanhaverbeke, J. West (Hrsg.): *New Frontiers in Open Innovation*, Oxford University Press, Oxford 2017.
- F. D. Davis, R. P. Bagozzi, P. R. Warshaw: User acceptance of computer technology: a comparison of two theoretical models, in: *Management Science*, 35.8 (1989), S. 982–1003.
- W. H. DeLone, E. R. McLean: Information systems success: the quest for the dependent variable, in: *Information Systems Research*, 3.1 (1992), S. 60–95.

- N. Gronau, J. Becker, N. Kliwer, J. M. Leimeister, S. Overhage (Hrsg.): Enzyklopädie der Wirtschaftsinformatik – Online-Lexikon, 9. Auflage, GITO Verlag, Berlin 2018, unter <http://www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de/>
- M. Hammer, J. Champy: Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution, HarperCollins, New York 1993, aktualisiert und mit einem neuen Prolog 2009.
- H. Krallmann, A. Bobrik, O. Levina (Hrsg.): Systemanalyse im Unternehmen. Prozessorientierte Methoden der Wirtschaftsinformatik, 6. Auflage, Oldenbourg, München 2013.
- M. Kranz: Building the Internet of Things: Implement New Business Models, Disrupt Competitors, Transform Your Industry, Wiley, Hoboken, NJ 2016.
- R. T. Kreutzer, T. Neugebauer, A. Pattloch: Digital Business Leadership. Digitale Transformation – Geschäftsmodell-Innovation – agile Organisation – Change-Management, Springer Gabler, Wiesbaden 2017.
- P. Mertens: Integrierte Informationsverarbeitung 1: Operative Systeme in der Industrie, 18. Auflage, Springer Gabler, Wiesbaden 2013.
- F. Piller, K. Möslin, C. Ihl, R. Reichwald: Interaktive Wertschöpfung kompakt: Open Innovation, Individualisierung und neue Formen der Arbeitsteilung, Springer Gabler, Wiesbaden 2017.
- A.-W. Scheer: EDV-orientierte Betriebswirtschaftslehre, 4. Auflage, Springer, Berlin 2008.
- B. Sinclair: IoT Inc.: How Your Company Can Use the Internet of Things to Win in the Outcome Economy, MacGraw-Hill Education, New York City, NY 2017.

2 Rolle der Informationstechnik auf dem Weg in die Informationsgesellschaft

2.1	Wechselwirkungen zwischen Informationstechnik und Gesellschaft — 40	2.2.1	Geschäftsmodelle — 72
2.1.1	Digitalisierung — 44	2.2.2	Informationstechnik und Geschäftsmodelle — 74
2.1.2	Globalisierung — 53	2.3	Tätigkeitsfelder von Wirtschaftsinformatikern — 76
2.1.3	Outsourcing — 54	2.3.1	IT-Arbeitsmarkt — 76
2.1.4	Arbeit — 57	2.3.2	IT-Organisation — 77
2.1.5	Freizeit — 62	2.3.3	IT-Berufsbilder — 81
2.1.6	Umwelt — 65		Die wichtigsten Punkte — 87
2.1.7	Sicherheit — 68		Literatur — 88
2.2	Veränderung von Geschäftsmodellen — 71		

Kapitelübersicht

Wir behandeln in diesem Kapitel zunächst die Wechselwirkungen zwischen aktuellen Entwicklungen der Informationstechnik und der Gesellschaft. Insbesondere sind in diesem Zusammenhang die Bereiche der Digitalisierung, Globalisierung, Outsourcing, Arbeit, Freizeit, Umwelt und Sicherheit zu nennen. Anschließend beschreiben wir die Arbeitsmarktsituation für Wirtschaftsinformatiker und gehen auf die IT-Organisation und die einzelnen IT-Berufsbilder ein.

Lernziele

In diesem Kapitel werden die Chancen und Risiken der Informationstechnik für Beschäftigung, Wohlstand und Entwicklung der Gesellschaft, der Betriebe und der einzelnen Menschen diskutiert. Nach der Durcharbeitung dieses Kapitels sollten Sie

- die wirtschaftliche Schlüsselstellung und die gesellschaftspolitische Bedeutung der Informationstechnik begründen können,
- die sozialen Auswirkungen der Informationstechnik kennen und in die Gestaltung von Informationssystemen einbeziehen können,
- das gesellschaftliche Umfeld des IT-Einsatzes, zum Beispiel in der betrieblichen Praxis, bei bestimmten Bevölkerungsgruppen, in Entwicklungsländern usw. berücksichtigen können,

- den Einfluss von Informationssystemen auf Globalisierung, Outsourcing, Umwelt und Sicherheit darstellen können,
- Einsicht in die Multiperspektivität informationstechnischer Entwicklungen besitzen und Optionen erkennen, die bei der Gestaltung von neuen Geschäftsmodellen auf Basis von Informationssystemen gegeben sind, und
- die langfristigen Berufsperspektiven für Wirtschaftsinformatiker einschätzen und erläutern können, welche Tätigkeitsschwerpunkte die wichtigsten Berufsbilder der Wirtschaftsinformatik haben.

2.1 Wechselwirkungen zwischen Informationstechnik und Gesellschaft

Die Informationstechnik hat in den letzten Jahrzehnten mit zunehmender Intensität und Schnelligkeit immer weitere Bereiche der Gesellschaft durchdrungen. Die *Gesellschaft* (engl.: society) sind wir alle, das heißt, die Menschen, die miteinander leben, arbeiten, handeln und dabei unmittelbar oder mittelbar interagieren. Auf unterster gesellschaftlicher Ebene stehen Einzelne mit einer kleineren oder größeren Zahl anderer Menschen in Kontakt, zum Beispiel in der Familie, einem Haushalt, einer Clique, einem Verein oder dem Betrieb, in dem sie arbeiten. Der Betrieb ist wiederum in Märkte eingebettet und Teil einer Gemeinde, einer Branche, eventuell einer Lieferkette, eines Konzerns oder einer Einkaufsgemeinschaft. Darüber stehen Staaten, Staatengemeinschaften (wie die EU), Volkswirtschaften und Freihandelszonen (wie EEA in Europa, NAFTA in Amerika, APTA in Asien oder TPP im pazifischen Raum). Das umfassendste und damit ranghöchste gesellschaftliche System (Übersystem, Hypersystem) ist die Menschheit als Ganzes (siehe Abb. 2.1).

Die einzelnen *Teilsysteme der Gesellschaft* sind stark miteinander verknüpft. Der Wandel ökonomischer Systeme lässt sich nicht ohne Berücksichtigung der Arbeits- und Lebenswelt beurteilen. Änderungen in diesen Bereichen lassen sich wiederum nur im Zusammenhang mit den Veränderungen der Beziehungen der staatlichen Instanzen und der internationalen Verhältnisse diskutieren. Es ist also notwendig, die von der Informationstechnik ausgehenden oder die durch die Informationstechnik bewirkten Veränderungen des gesellschaftlichen Lebens insgesamt zu betrachten.

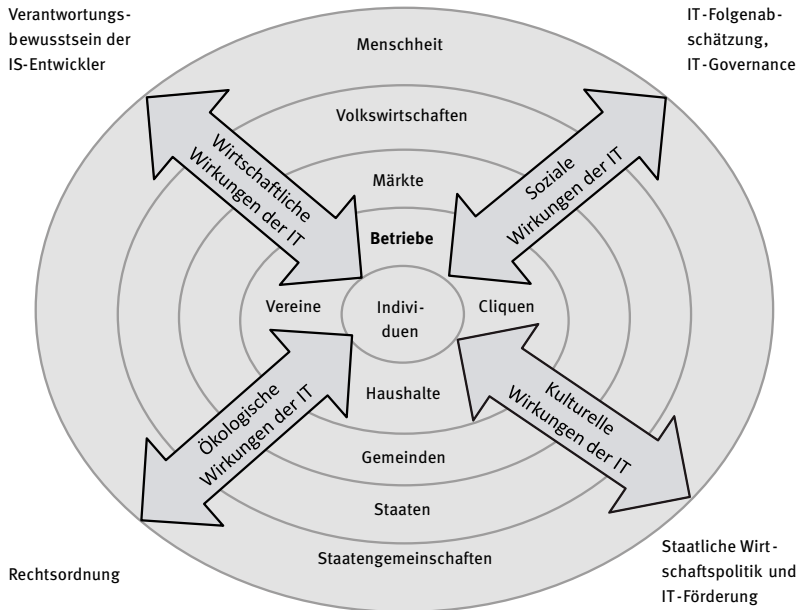


Abb. 2.1: Wechselwirkungen zwischen Informationstechnik und gesellschaftlichen Teilsystemen

Bevor mit der Entwicklung neuer oder der Weiterentwicklung vorhandener Informationssysteme begonnen wird, sollten die möglichen Folgen analysiert und bewertet werden. Diese *IT-Folgenabschätzung* (engl.: IT impact assessment) sollte die erwarteten positiven Wirkungen (Nutzen) den möglichen negativen Wirkungen (Gefahren) gegenüberstellen. Die unerwünschten IT-Folgen sollen möglichst reduziert oder vermieden werden. Negative Wirkungen lassen sich jedoch gegenüber positiven nur dadurch abgrenzen, dass letztere der Zielsetzung des jeweiligen Handelnden entsprechen. Damit taucht aber die Frage auf, wer Ziele formuliert und auf welchem sozioökonomisch bedingten Macht- und Wertesystem die Zielsetzung beruht. Fast immer haben Informationssysteme sowohl positive als auch negative Effekte, und es ist oft eine Frage der individuellen Einschätzung, ob die Nachteile in Kauf genommen werden, um die Vorteile genießen zu können.

Zum *Beispiel* nehmen es viele Smartphone-Benutzer in Kauf, dass durch Apps ihr Nutzungsverhalten überwacht und diese Daten vom Hersteller für Werbezwecke gebraucht oder weiterverkauft werden. Manchmal haben die Benutzer die Wahl zwischen einer Gratisversion mit Werbeeinblendungen oder einer kostenpflichtigen, werbefreien Version. In vielen Fällen gibt es aber keine Alternative: Entweder der Benutzer akzeptiert „zähneknirsch“ für ihn ungünstige Geschäftsbedingungen bezüglich Datenschutz und Werbung,

oder er kann das Programm nicht verwenden. Ähnliches gilt für Suchmaschinen im Internet (wie Google, Bing), E-Mail- und Kurzmitteilungsdienste (wie Gmail, Twitter, WhatsApp) oder soziale Netzwerke (wie Facebook, Instagram).

In vielen Fällen ist es auch so, dass IT-Nutzeffekte in einem System zu Nachteilen in einem höher-, neben- oder nachgelagerten System führen.

B

Nehmen Sie zum *Beispiel* einen typischen *Studierenden*, der mit Kollegen in einer Wohngemeinschaft lebt. Er ist Besitzer eines Notebook-PCs, eines Tablet-Computers und eines Smartphones, und er ist ein intensiver Benutzer des Internets. Seine Wohnung hat er über eine Immobilienplattform gefunden, er kauft online Bücher, Bekleidung, Schuhe, Haushaltsgeräte und Unterhaltungselektronik bei Großversandhäusern wie Amazon und Zalando ein, bucht online Reisen und Hotelzimmer bei Bahn, Fluggesellschaften und Reiseplattformen (wie Booking), liest Online-Zeitungen und -Magazine, ist Benutzer des Musikstreaming-Diensts Spotify und kommuniziert mit Freunden und Studienkollegen über Facebook, welches er auch für das Online-Dating nutzt. Für die Kontostandsabfrage und Überweisungen verwendet er das Telebanking-System seiner Bank, für das Lernen das E-Learning-System seiner Universität. Das Internet erleichtert ihm also die Arbeit, die Haushaltsführung und die Freizeitgestaltung. Dafür nimmt er notgedrungen in Kauf, dass seine Privatsphäre gefährdet wird, und dass er immer wieder mit Attacken durch Phishing und Schadprogramme konfrontiert wird. Als eine weitere Gefahr sieht er die wachsende Abhängigkeit von der Informationstechnik. Sollten Mobilfunk und Internet ausfallen, wäre es überaus schwierig, mit Freunden, Familie und Geschäftspartnern in Kontakt zu kommen.

Was sind die *Auswirkungen* dieses für Millionen von Konsumenten typischen IT-Nutzungsverhaltens für den Handel, die Reisebüros, die Verlage, die Banken, die Post usw.? IT-Unternehmen, Internet-Händler und -Dienstleister boomen und haben neue Arbeitsplätze geschaffen. Kleinere Ladengeschäfte im stationären Handel mussten bereits schließen, weil sie nicht mehr konkurrenzfähig sind: zuerst solche für digitalisierbare Güter (wie Nachrichten, Musik, Videos), die über das Internet übermittelt werden können, dann auch zunehmend solche für physische Produkte (wie gedruckte Bücher, Kleidung, Schuhe, Haushaltsgeräte usw.). Ebenso verschwinden kleine Reisebüros, die sich nicht rechtzeitig auf beratungsintensive Marktnischen spezialisiert haben. Banken, Versicherungen und Postgesellschaften straffen ihre Filialnetze. Das hat wiederum für die dort beschäftigten Mitarbeiter beziehungsweise für die Nachbetzungen frei werdender Stellen negative Konsequenzen, die auf höhere Systeme wie die betroffenen Gemeinden, Branchen und Volkswirtschaften durchschlagen.

Oft wird von den Betroffenen gar kein Zusammenhang mit der Informationstechnik gesehen – es müssen wegen der „rückläufigen Nachfrage“ Filialen geschlossen werden. Meist schöpfen auch anfangs nur ein oder wenige Pionier-

unternehmen die Rationalisierungs- und Befähigungspotenziale der Informationstechnik aus, ehe viele andere Unternehmen der Branche aus Wettbewerbsgründen folgen (müssen).

Weil vielfach erhoffte positive und befürchtete negative Wirkungen beim Systembetrieb nicht oder nur teilweise eintreten, häufig aber auch *nicht berücksichtigte Wirkungen* auftreten, ist es notwendig, die Folgen während des gesamten IS-Lebenszyklus im Auge zu behalten. Die *zeitlichen Verzögerungen von Wirkungen* stellen einen besonders wichtigen Teil der IT-Folgenabschätzung dar, weil sich die von der Informationstechnik ausgehenden Änderungen häufig erst allmählich und stark zeitverzögert zeigen. Dies gilt wiederum auch für über- und nachgeordnete gesellschaftliche Systeme.

Ob die elektronischen Vertriebsmöglichkeiten tatsächlich zur tendenziellen Ausschaltung von Absatzmittlern oder Intermediären (engl.: mediator) führen werden, ist in Wissenschaft und Praxis jedoch umstritten:

- Die *These der Ausschaltung oder Disintermediation* (engl.: disintermediation) basiert auf der Annahme, dass Produzenten Leistungen der Intermediäre übernehmen, direkt mit den Kunden kommunizieren und Teile der abgeschöpften Gewinne an diese weitergeben. Dadurch werden die Wertschöpfungsketten kürzer.
- Die *These der Re-Intermediation* (engl.: re-intermediation) argumentiert, dass es in einer auf dem Internet basierenden Geschäftswelt weiterhin Intermediäre geben wird, dass diese allerdings andere als heute sein werden. Intermediäre (elektronische wie auch physische) reduzieren beispielsweise die Anzahl der notwendigen Kontakte zwischen den Marktteilnehmern, so dass Anbieter und Nachfrager auf Leistungen eines Intermediärs zurückgreifen, obwohl sie in der Lage wären, diese selbst zu erbringen. Die These geht von ähnlich langen Wertschöpfungsketten aus.
- Durch neue, spezialisierte Intermediäre kann die Effizienz der Austauschprozesse zwischen Produzent und Konsument erhöht und generell die Servicequalität verbessert werden. Die *These der DisinterREmediation* argumentiert, dass durch die Reduktion der Informationskosten und den Einsatz einer verbesserten Informationsinfrastruktur neue Geschäftsmöglichkeiten für Intermediäre entstehen und sich deshalb die Wertschöpfungsketten verlängern. Es entstehen neue Dienstleistungen, die meist auf Informationstechnik basieren.

Die Informationstechnik ist in vielen Fällen nur ein Faktor unter mehreren, der den immer rascheren Wandel von Wirtschaft und Gesellschaft bestimmt. Wir greifen in der Folge einige *ausgewählte gesellschaftliche Trends* heraus, an denen sich die ambivalente Rolle der Informationstechnik gut zeigen lässt (siehe

Abb. 2.2). Es gibt noch viele weitere Problemfelder, beispielsweise die Gefahren der starken Abhängigkeit vieler Betriebe, ganzer Branchen oder Volkswirtschaften von der Informationstechnik, auf die wir hier nicht eingehen können.

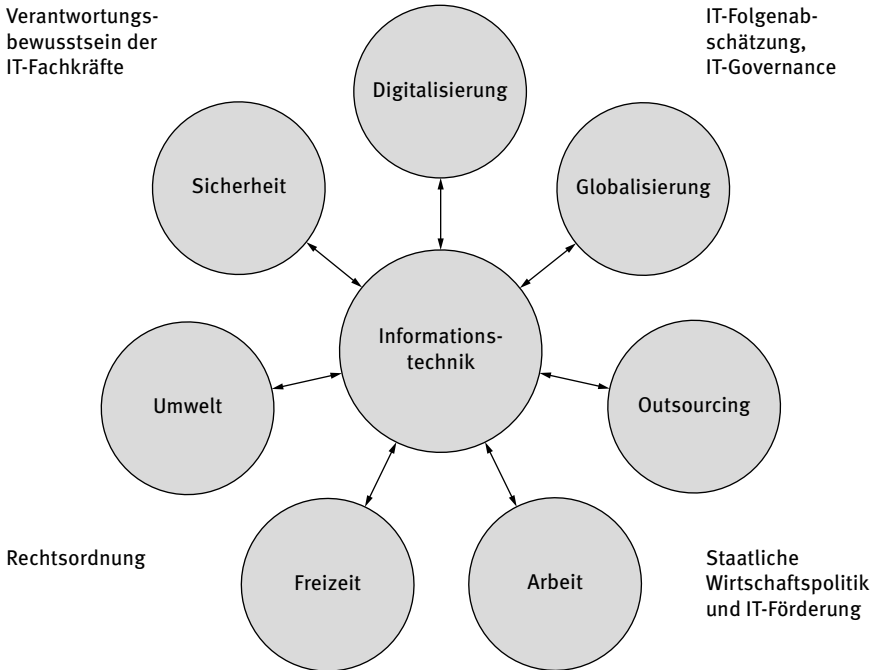


Abb. 2.2: Wechselwirkungen zwischen Informationstechnik und Gesellschaft in ausgewählten Problemfeldern und Maßnahmen zur Vermeidung unerwünschter IT-Auswirkungen

2.1.1 Digitalisierung

In den letzten Jahren sind die Bezeichnungen „Digitalisierung“ und „digital“ als Synonyme für die Informationstechnik beziehungsweise den IT-Einsatz in Mode gekommen. Man spricht von der Digitalisierung der Wirtschaft, der Digitalisierung der Ausbildung, dem digitalen Arbeitsmarkt, der digitalen Verwaltung, der digitalen Gesundheit, von Digitalpolitik, Digitalwährung, Digitalvorbehalt, Digitalpakt, digitaler Agenda usw. Für Regierungen und Branchenverbände ist die Digitalisierung ein Heilsversprechen, um die Wettbewerbsfähigkeit der Wirtschaft und damit Beschäftigung und Wohlstand in der Zukunft sichern. Im Koalitionsvertrag der deutschen Bundesregierung von 2018 kommt das Zauberwort gleich auf 96 von 177 Seiten vor.

Der Begriff **Digitalisierung** (engl.: digitization) beschreibt im ursprünglichen Wortsinn die Umwandlung von analogen Daten, die durch kontinuierliche Funktionen repräsentiert sind, in digitale Daten, die durch Zeichen repräsentiert und damit von heute gebräuchlichen Rechnern verarbeitet werden können. Seit Mitte der 2010er Jahre wird das Wort auch häufig als Synonym für den zunehmenden IT-Einsatz zur Erzielung von Fortschritten durch veränderte Prozesse und neuartige Konzepte in Wirtschaft und Gesellschaft gebraucht. Ebenso hat der Begriff **digital** (engl.: digital) einen Bedeutungswandel erfahren und wird oft mit „Informationstechnik“ oder „rechnerunterstützt“ gleichgesetzt.



Schon seit jeher wurden durch den Rechnereinsatz Produktivitätsfortschritte und Wettbewerbsvorteile angestrebt. In der jüngeren Vergangenheit ist das Innovationspotenzial der Informationstechnik stärker in den Vordergrund gerückt. In den vergangenen beiden Jahrzehnten waren es in erster Linie das Internet und die starke Verbreitung mobiler Geräte, die neue Geschäftsfelder eröffnet haben. Aktuelle Herausforderungen sind unter anderem

- die Erhöhung der IT-Sicherheit,
- die Auslagerung der Datenverarbeitung in Servicerechenzentren im Internet („Cloud-Computing“),
- das Internet der Dinge, wie zum Beispiel die Fertigung individualisierter Produkte, die ihre Herstellung entsprechend den Kundenwünschen in durchgängig vernetzten, hoch automatisierten Produktionsprozessen selbst steuern („Industrie 4.0“),
- die Anpassung der Kundenansprache auf allen Kommunikationskanälen an die Erfahrungen und Erwartungen von spezifischen Kundengruppen (engl.: digital customer experience, Abkürzung: DCX),
- die Verwaltung und Auswertung sehr großer, heterogener Datenbestände („Big Data“),
- die Weiterentwicklung der Internet-Portale,
- die Automatisierung menschlicher Interaktionen durch maschinelles Lernen und wissensbasierte Systeme, durch Spracherkennung und -steuerung von Geräten sowie durch Roboter („Künstliche Intelligenz“),
- die Ausweitung des Einsatzes virtueller und erweiterter Realität sowie
- die Verwendung von dezentral geführten Kontobüchern beispielsweise mittels Blockchains zur Aufzeichnung von Transaktionen in betriebsübergreifenden Geschäftsprozessen.

Sowohl für die Anwender als auch für die IT-Berater ist die Bewältigung dieser Herausforderungen und damit die Transformation von Prozessen und Neuausrichtung von Geschäftsmodellen eine komplexe und langfristige Aufgabe. Die meisten Betriebe stehen dabei noch ziemlich am Anfang (Quellen: Bitkom, Gartner, Lünendonk 2017/18). Auf die genannten Herausforderungen gehen wir in den

folgenden Kapiteln näher ein. Bereits im nächsten Abschnitt 2.1.2 wird am Beispiel der Automobilindustrie gezeigt, welche drastischen Veränderungen sich durch den Einsatz moderner Informationstechnik ergeben können.

IT-Markt

Die *Unternehmen der IT-Branche*, die mit Hardware, Software und Dienstleistungen den informationstechnischen Wandel in allen Lebensbereichen unterstützen, profitieren am allermeisten vom Digitalisierungsboom. Ende 2017 kamen die fünf wertvollsten Unternehmen der Welt allesamt aus dieser Branche und hatten ihren Hauptsitz in den USA (siehe Abb. 2.3). Nach der auf Platz 6 platzierten Investmentholding *Berkshire Hathaway* folgten zwei weitere Internet-Unternehmen, *Tencent Holdings* und *Alibaba* aus China. Das wertvollste deutsche Unternehmen ist der Softwarehersteller *SAP* auf Rang 62 (113 Milliarden Börsenwert). *SAP* war mit einem Umsatz von 23,5 Milliarden Euro im Jahr 2017 nach *Microsoft*, *IBM* und *Oracle* das viertgrößte Softwareunternehmen der Welt (Quelle: FAZ/EY, PwC).

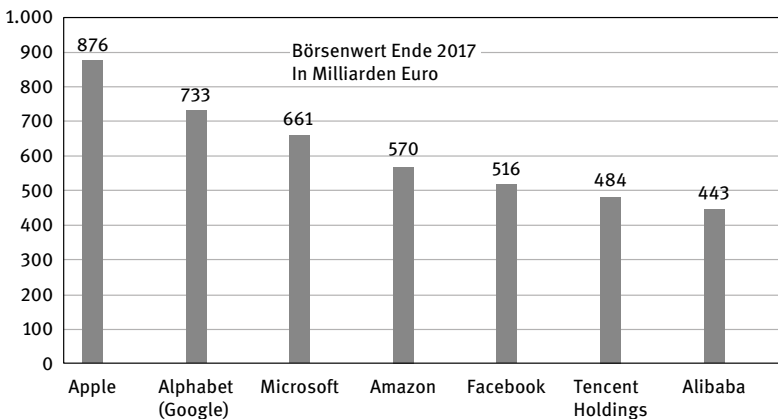


Abb. 2.3: Die wertvollsten IT-Unternehmen der Welt (Börsenwert Ende 2017)

Weltweit wird der Umsatz mit Produkten und Diensten der Informations- und Kommunikationstechnik im Jahr 2018 auf 3,29 Billionen Euro geschätzt. Das entspricht einem Plus von 2,2 Prozent verglichen mit 2017 (Quellen: EITO, IDC).



IKT und ITK sind Abkürzungen für „Informations- und Kommunikationstechnik“ (auch IuK-Technik; engl.: information and communications technology, Abkürzung: ICT) beziehungsweise „Informations- und Telekommunikationstechnik“. Beide Abkürzungen werden häufig im gleichen Wortsinn verwendet. Zum Beispiel benutzen die Europäische Kommission und die

meisten Bundes- und Länderregierungen die Bezeichnung IKT, der deutsche Branchenverband für die Informationswirtschaft *Bitkom* und viele Hersteller gebrauchen hingegen ITK. Wir verwenden den Begriff Informationstechnik oder das Kürzel IT und schließen dabei implizit die Kommunikationstechnik ein.

Im internationalen Vergleich wachsen die IT-Märkte in China und Indien am schnellsten. Die USA sind mit einem Weltmarktanteil von 31 Prozent mit Abstand der größte IT-Markt, auf die EU entfallen 19,4 Prozent, auf China 13,3 Prozent und auf Japan 6,9 Prozent (Quellen: EITO, IDC).

In *Deutschland* wird der Umsatz mit IT-Produkten und -Diensten im Jahr 2018 auf 164 Milliarden Euro geschätzt. Tab. 2.1 zeigt die Umsatzentwicklung insgesamt und in den einzelnen Marktsektoren.

IT-Markt Deutschland	Marktvolumen in Milliarden Euro		
	2016	2017	2018
Unterhaltungselektronik	9,2	9,4	9,3
Informationstechnik im engeren Sinne	83,0	86,2	88,8
IT-Hardware	23,2	24,2	24,4
Software	21,6	23,0	24,4
IT-Dienstleistungen	38,1	39,0	40,0
Telekommunikation	65,6	65,7	65,9
TK-Endgeräte	10,1	10,5	10,7
TK-Infrastruktur	6,6	6,6	6,7
TK-Dienste	49,0	48,5	48,5
Summe	157,8	161,3	164,0

Tab. 2.1: Umsatzentwicklung auf dem deutschen IT-Markt (Quelle: Bitkom)

Der Softwaremarkt wächst am stärksten (2018 plus 6,3 Prozent gegenüber dem Vorjahr). Die umsatzstärksten deutschen Softwareunternehmen sind nach *SAP* die *Diebold Nixdorf AG*, die *Software AG* und die *DATEV*. Die führenden IT-Beratungs- und Systemintegrationsunternehmen in Deutschland sind *Accenture*, *IBM Global Technology Services*, *T-Systems* und *Capgemini*. Die Anzahl der Unternehmen in der IT-Branche ist von rund 71.000 im Jahr 2008 auf rund 86.000 im Jahr 2015 gewachsen (Quellen: Bitkom, Statista, Lünendonk-Liste 2017).

Der IT-Markt ist ein *globaler Markt*. Die in Deutschland verkauften Rechner wurden meist in Südostasien (China, Korea, Taiwan) hergestellt, auch bei der

Lieferung von Software und IT-Diensten haben ausländische Unternehmen eine starke Marktstellung. Andererseits kommen die größten Wachstumsimpulse für deutsche IT-Unternehmen aus dem Ausland. Im Jahr 2017 haben deutsche IT-Unternehmen über 80 Milliarden Euro mit Exporten verdient. Bei dem größten deutschen Softwarehersteller SAP beträgt der Auslandsanteil am Gesamtumsatz zirka 90 Prozent. Mittelständische IT-Beratungsunternehmen und Softwarehäuser erreichen eine Exportquote von 40–50 Prozent (Quellen: Bitkom, SAP, Lündendonk).

Informationswirtschaftlicher Reifegrad

Die Nutzung moderner Informationstechnik hat einen wesentlichen Einfluss auf den Wohlstand und die Entwicklungsperspektiven der Staaten (Volkswirtschaften), der Betriebe und der einzelnen Menschen. Doch bis zu welchem Grad sind Betriebe eines Staates in der Lage, Informationstechnik effektiv einzusetzen?



Der **informationswirtschaftliche Reifegrad** (engl.: e-readiness) von Staaten wird durch vergleichende Analysen (engl.: benchmark) einer großen Zahl von Einzelkriterien ermittelt, welche die Qualität der IT-Infrastruktur und die IT-Nutzungsmöglichkeiten von Konsumenten, Betrieben und Regierungen der einbezogenen Länder messen.



Zum Beispiel veröffentlicht das Weltwirtschaftsforum in Zusammenarbeit mit INSEAD und der Cornell University jährlich einen globalen IT-Bericht (The Global Information Technology Report), in dem mittels eines *Networked Readiness Index* (Abkürzung: NRI) die Fähigkeit von Staaten gemessen wird, die IT zur Schaffung von Arbeitsplätzen, für Wachstum und Wohlstand zu nutzen. Der Benchmark basiert auf 53 Einzelkriterien der Bereiche: politische und regulatorische Rahmenbedingungen, wirtschaftliches und innovationsförderliches Umfeld, Infrastruktur, Erschwinglichkeit, Bildungsgrad, individuelle IT-Nutzung, IT-Nutzung in Unternehmen und IT-Nutzung in Behörden. Insgesamt werden sowohl in Industriestaaten als auch in weniger entwickelten Staaten positive Trends bei der IT-Verfügbarkeit und der Internet-Nutzung festgestellt. Der Bericht zeigt jedoch erhebliche Unterschiede zwischen armen und reichen Staaten. Von den 139 Staaten, die im Bericht des Jahres 2016 erfasst worden sind, stehen hoch entwickelte südostasiatische Staaten (Singapur und Japan), nord- und mitteleuropäische Länder (Finnland, Schweden, Norwegen, Niederlande, Schweiz, Großbritannien und Luxemburg) und die USA an der Spitze. Diese Top-10-Staaten zeichnen sich durch ein hohes Pro-Kopf-Einkommen, einen hohen IT-Nutzungsgrad und starke Innovationskraft aus sowie durch Regierungen, die IT fördern. Deutschland steht an 15. Stelle, bezüglich des IT-Anwendungsstands in der Wirtschaft sogar an 6. Stelle. Verbesserungspotenzial wird beim IT-Einsatz in Behörden (30. Stelle), der Bürokratie bei Neugründungen und den hohen Preisen der Breitbandübertragung gesehen. Österreich nimmt beim Länderranking die 20. Stelle ein. Zwischen Nord

und Süd gibt es sowohl in Europa als auch in Asien ein starkes Gefälle. Am Ende der Rangliste stehen die ärmeren Staaten in Mittel- und Südamerika, Südasien und Afrika (Länder südlich der Sahara).

Ländervergleiche in Bezug auf einzelne IT-Kennzahlen, wie zum Beispiel die Mobiltelefon- und PC-Dichte, die Breitbandanschlusspenetration, die Zahl der an das Internet angeschlossenen Rechner und der Internet-Benutzer, stellen ebenfalls auf fast allen Teilmärkten ein starkes *Nord-Süd-Gefälle* bei der IT-Nutzung fest. Allerdings holen die Schwellenländer in Asien und zunehmend auch in Afrika auf.

Kennzahlen wie der informationswirtschaftliche Reifegrad dienen auf gesamtwirtschaftlicher Ebene in erster Linie dazu, Staaten miteinander und im Zeitablauf zu vergleichen. Diese Vergleiche können sich auch auf einzelne Kriteriengruppen und Einzelkriterien beziehen, wodurch sich der aktuelle Stand, die Entwicklung sowie Schwachpunkte und Verbesserungspotenziale in detaillierter Form feststellen lassen. Die Benchmarks können darüber hinaus dazu verwendet werden, um die globale *digitale Spaltung* zwischen Staaten zu ermitteln und zu verfolgen.

Neben den IT-Benchmarks für Staaten gibt es auch *Reifegradmodelle für Betriebe*, mit denen die IT-Infrastruktur und die Arbeitsweise bei der Entwicklung von Informationssystemen und Software bewertet werden.

Digitale Spaltung

Der Begriff **digitale Spaltung** (engl.: digital divide; Synonym: digitale Kluft, engl.: digital gap) kennzeichnet Unterschiede in der IT-Ausstattung und IT-Nutzung in einzelnen Staaten oder verschiedenen Bevölkerungsgruppen und geht davon aus, dass sich durch die IT-Nichtnutzung schlechtere Entwicklungschancen in sozialer und wirtschaftlicher Hinsicht ergeben. Werden Dienstleistungen beispielsweise nur in digitaler Form angeboten, so sind Gruppen ohne entsprechende Voraussetzungen von der Nutzung ausgeschlossen.



Generell lässt sich feststellen, dass in Staaten mit hoher IT-Verfügbarkeit der volkswirtschaftliche Wohlstand höher ist. Dies ist allerdings kein Kausalzusammenhang, empirisch lässt sich der IT-Einfluss auf das Volkseinkommen nicht belegen.

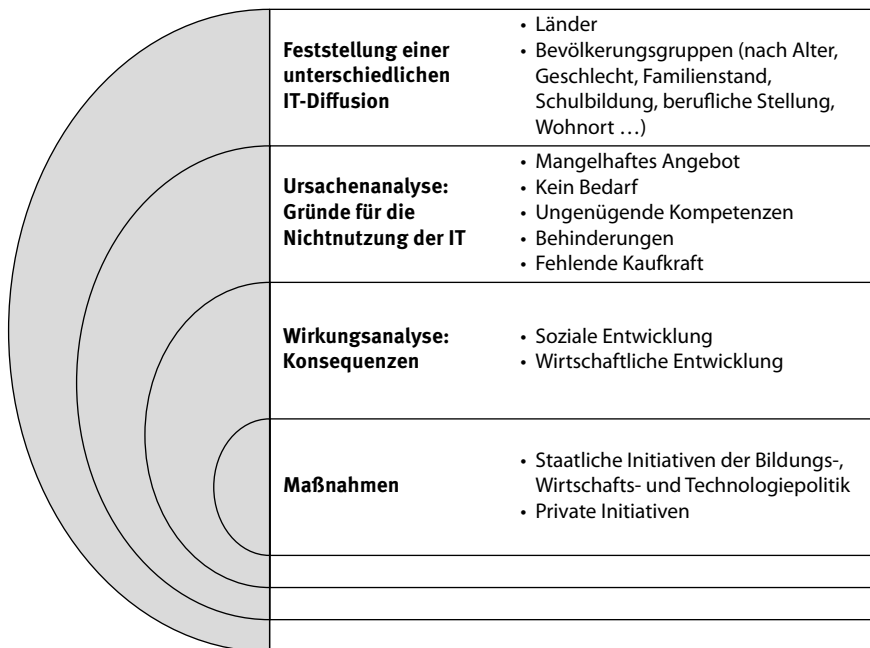


Abb. 2.4: Digitale Spaltung

In den *verschiedenen Bevölkerungsgruppen* der einzelnen Staaten ist die IT-Nutzung ebenfalls ungleich verteilt und offenbar stark von soziodemografischen und geografischen Kriterien abhängig. Empirische Erhebungen zur PC-, Smartphone- und Internet-Nutzung stellen fest, dass in den meisten Staaten

- Frauen gegenüber Männern,
- Ältere gegenüber Jüngeren,
- Pflichtschulabsolventen gegenüber Hochschulabsolventen,
- Nichtberufstätige gegenüber Berufstätigen,
- Personen mit geringem Einkommen gegenüber Personen mit hohem Einkommen,
- Einwohner auf dem Land gegenüber Stadtbewohnern

deutlich unterrepräsentiert sind. Die Differenzen werden zwar zum Teil mit zunehmendem informationswirtschaftlichen Reifegrad eines Staates geringer, das heißt, sie nähern sich dem statistischen Bevölkerungsdurchschnitt an. So gibt es etwa bei der IT-Nutzung in den führenden Staaten kaum mehr eine „Geschlechterkluft“. Andererseits scheinen sich selbst in Staaten mit einem hohen E-Readiness-Index die „Bildungskluft“, die „Einkommenskluft“ und die „Alterskluft“ bei der IT-Nutzung kaum zu schließen.

Die *Gründe für die Nutzung oder Nichtnutzung* von Mobiltelefonen, PCs, Internet-Diensten usw. sind vielfältig. Voraussetzungen für die IT-Nutzung sind

- der Bedarf für die damit zugänglichen Informations- und Kommunikationsfunktionen,
- das Angebot einer entsprechenden IT-Infrastruktur (Verfügbarkeit von Rechnern, Netzen, Software und Diensten),
- das Wissen, was man damit alles machen kann (Funktionen und Nutzen),
- die Kaufkraft, um die IT-Ausstattung und die Telekommunikationsdienste bezahlen zu können,
- die Befähigung zur Bedienung der Geräte, Software und Dienste.

Diese Voraussetzungen müssen offenbar alle gegeben sein, um die IT-Nutzung in einem IT-Entwicklungsland oder in einer IT-benachteiligten Bevölkerungsgruppe dauerhaft zu intensivieren. Über die zweckmäßigsten *Maßnahmen zur Überwindung der digitalen Spaltung* herrscht Uneinigkeit. In *Industriestaaten* stehen die Förderung des Wettbewerbs auf IT-Märkten, die Information benachteiligter Bevölkerungsgruppen über IT-Funktionen und -Nutzen, die IT-Ausbildung an Schulen, die IT-Weiterbildung von Arbeitslosen und die Verbesserung der IT-Karrierperspektiven von Frauen im Vordergrund. Ein besonders zielführender Weg scheinen ferner betreute PC- und Internet-Zugänge an Orten zu sein, wo sich die Mitglieder unterrepräsentierter Gruppen ohnehin aufhalten (Altenheime, Arbeitslosenzentren, Obdachlosenasyile, Vereinsheime).

In vielen westlichen Staaten wurden Verordnungen erlassen, durch die der *barrierefreie Zugang für Menschen mit Beeinträchtigungen zu öffentlichen Internet-Angeboten* von Behörden sichergestellt werden soll. In Deutschland ist dies die *Barrierefreie-Informationstechnik-Verordnung* (Abkürzung: BITV) aus dem Jahr 2002, die im Jahr 2011 aktualisiert wurde (BITV 2.0). Ein Webangebot ist dann *barrierefrei* (engl.: accessible), wenn es von allen Nutzern unabhängig von deren körperlichen Möglichkeiten uneingeschränkt genutzt werden kann, also auch beispielsweise bei eingeschränkten Sehfähigkeiten oder motorischen Fähigkeiten. Grundlage für entsprechende Verordnungen sind in den meisten Staaten die Standards der WAI (Abkürzung von engl.: Web Accessibility Initiative) des W3C (Abkürzung von engl.: World Wide Web Consortium).

Von *Entwicklungsländern* werden Subventionen zum Aufbau nationaler IT-Infrastrukturen gefordert („Digitaler Solidaritätsfonds“). Die meisten Industriestaaten beteiligen sich aber nicht daran und vertreten die Meinung, dass sich bei Öffnung der IT-Märkte und der dadurch bewirkten Intensivierung des Wettbewerbs eine leistungsfähige, kostengünstige IT-Infrastruktur von selbst entwickle.

B

Beispielsweise versucht die *Alliance for Affordable Internet* (Abkürzung: *A4AI*), der weltweit über 80 Mitgliederorganisationen des staatlichen und privaten Sektors und der Zivilgesellschaft angehören, durch Politikberatung, Forschung und Weitergabe von Know-how vor Ort in Entwicklungsländern die Voraussetzungen für einen erschwinglichen Internet-Zugang zu schaffen. „Erschwinglich“ heißt dabei, dass der Preis für 1 GB mobile Breitbandübertragung 2 Prozent oder weniger des Monatseinkommens betragen soll. Derzeit ist A4AI in Bangladesch, der Dominikanischen Republik, Ghana, Guatemala, Liberia, Mozambique, Myanmar und Nigeria engagiert.

Große IT-Hersteller bieten für Entwicklungsländer besonders kostengünstige Versionen von Mobiltelefonen, Notebook-PCs, Tablet-Computern und Software an. Ferner gibt es zahlreiche Initiativen von gemeinnützigen Organisationen, Ausbildungsstätten und Privaten, die nicht mehr verwendete, aber noch voll funktionsfähige PCs und Mobiltelefone sammeln und an Institutionen in Entwicklungsländern weitergeben. Internet-Konzerne entwickeln neue, innovative Netzinfrastrukturen zur Versorgung ländlicher und abgelegener Regionen, beispielsweise mit gasgefüllten Ballons in der Stratosphäre (*Projekt Loon*) oder Satelliten (*Projekt O3B*), und ermöglichen dort, wo es schon die nötige Netzinfrastruktur gibt, einen kostenlosen (teilweise beschränkten) Internet-Zugang. Sie müssen sich aber vorhalten lassen, dass sie hierdurch eigentlich nur langfristige geschäftliche Eigeninteressen verfolgen, die Netzneutralität verletzen, wenn nur ausgewählte Websites kostenlos sind, und dass sie den Nutzern westliche Werte aufzwingen würden.

B

Zum Beispiel musste deshalb das diesbezügliche Projekt *Internet.org* von Facebook in Indien nach massiven Protesten der Bevölkerung auf Anordnung der dortigen Internet-Regulierungsbehörde Ende 2015 eingestellt werden. Als Konsequenz wurde die Beschränkung auf einige wenige Websites (wie *Wikipedia*, *Facebook*, *AccuWeather* und *Google*) aufgehoben. Das in *Free Basics* umbenannte Facebook-Projekt ermöglicht in Zusammenarbeit mit lokalen Internet-Zugangsanbietern in derzeit über 60 Staaten die kostenlose Internet-Nutzung mit Mobiltelefonen.

!

Der Grundsatz der **Netzneutralität** (engl.: net neutrality) beinhaltet die (moralische) Forderung nach einem diskriminierungsfreien Zugang und zur Gleichbehandlung von Daten bei der Übertragung im Internet. Bestimmte Datenkategorien und Dienste oder bestimmte Sender und Empfänger dürfen danach nicht bezüglich Übertragungsrate (Bandbreite) und Preis bevorzugt oder benachteiligt werden. E-Mails und Webseiten werden also gleich schnell durch das Netz zum Empfänger transportiert wie Musik, Videos oder Bestellungen beim Online-Shopping.

Näheres folgt in Kapitel 12.

2.1.2 Globalisierung

Unter **Globalisierung** (engl.: globalization) versteht man die wachsende Vernetzung der Welt in Wirtschaft, Politik, Kommunikation und Kultur. Die Informationstechnik, insbesondere das Internet, ist eine wesentliche Voraussetzung für den weltweiten Kapital- und Warenverkehr, die Auslandsproduktion sowie den Transport und Personenverkehr und fördert die Globalisierung.



Gründe für die *Globalisierung* in Form weltweiter Arbeitsteilung waren anfangs vor allem billige Transportmöglichkeiten und die Möglichkeit, aus großer Distanz entlegene Produktionsstätten zu steuern. Ferner erkannte man die Chancen, Produktionsstätten dorthin zu verlagern, wo der Markt sich befand, wo Produktionsfaktoren günstig waren und wo mit weniger staatlichen Auflagen (Umweltschutz, Datenschutz usw.) zu rechnen war. Nach der Verlagerung der industriellen Fertigung ins Ausland wurden in der Folge zunehmend auch Dienstleistungen und insbesondere rechnerunterstützte Prozesse von der Globalisierungswelle erfasst. Das Werkzeug, das diese Entwicklung ermöglichte beziehungsweise ermöglicht, ist die Informationstechnik. Nur durch Einsatz moderner Telekommunikation und der Softwareunterstützung von verteilten Geschäftsprozessen können heute länderübergreifende Entscheidungen in relativ kurzer Zeit getroffen und große räumliche und zeitliche Distanzen ohne Einsatz zusätzlicher Fortbewegungsmittel überwunden werden.

Ein *Beispiel für die Globalisierung* bietet die *deutsche Automobilindustrie*, die im Jahr 2017 weltweit 16,4 Millionen PKW produziert hat (Jahresplus von 4 Prozent). Das ist fast ein Fünftel des PKW-Weltmarkts (2017: 84,6 Millionen Neuwagen, Jahresplus 2 Prozent). Während die Auslandsproduktion um 7 Prozent auf 10,8 Millionen Einheiten gestiegen ist, ging die Inlandsproduktion auf 5,6 Millionen PKW leicht zurück (Jahresminus von 2 Prozent). Gut drei Viertel der in Deutschland produzierten Autos werden exportiert. Während die Inlandsproduktion in den letzten zehn Jahren fast gleichgeblieben ist, hat sich die Auslandsproduktion mehr als verdoppelt. Über 80 Prozent des Exports und der Auslandsproduktion der deutschen Automobilindustrie gehen in andere europäische Länder, nach China und Nordamerika. Schwellenländer wie China, Brasilien und Indien sowie die neuen EU-Länder haben eine stark wachsende Bedeutung. Rund 30 Prozent der Mitarbeiter der *BMW Group* sind heute im Ausland beschäftigt, bei *Daimler* sind es 40 Prozent und bei dem *Volkswagen-Konzern* 55 Prozent. Der Gesamtumsatz der deutschen Automobilindustrie erhöhte sich im Jahr 2017 um 5 Prozent auf 426 Milliarden Euro, der Anteil des Auslandsumsatzes lag bei 64 Prozent.



IT spielt bei Automobilherstellern eine große Rolle, sowohl im kaufmännischen Bereich in Form von ERP-Systemen als auch im technischen Bereich (Produktentwicklung, Roboter in der Fließbandfertigung), für die es umfangreiche Standardsoftwaresysteme gibt. Für die Zusammenarbeit mit der Zulieferindustrie und dem Handel kommen Supply-Chain-Management-Systeme zum Einsatz. Künftige Herausforderungen sind die Verbesserung

der Effizienz von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren, alternative Antriebe, Infotainment-Angebote („Autos als fahrende Smartphones“) und neue Mobilitätskonzepte (wie Carsharing, autonome Fahrzeuge), die das Auto nicht mehr länger nur als Transportmittel, sondern als ein Element der vernetzten Welt, des Internets der Dinge, sehen. Da die neuen Mobilitätskonzepte und Kundenanforderungen an das vernetzte Auto viel IT-Know-how im Bereich der mobilen Datenverarbeitung, der Vernetzung großer Datenbanken, der Echtzeitdatenverarbeitung und der Kommunikation mit sehr großen Benutzergruppen erfordern, stehen die Automobilhersteller bei der Entwicklung in Konkurrenz mit großen IT-Firmen wie *IBM*, *SAP*, *Apple* und *Google*. Die deutsche Automobilindustrie plant, in den nächsten drei bis vier Jahren 16 bis 18 Milliarden Euro für das vernetzte und automatisierte Fahren zu investieren (Quelle: VDA, Stand 2018).

Betriebe können sich die Kostenunterschiede zwischen verschiedenen Ländern zunutze machen, indem sie ihre Aufgabenerfüllung in eigene Niederlassungen und Werke im kostengünstigeren Ausland verlagern oder indem sie mittels Outsourcing auf billige Produzenten und Dienstleister im Ausland zurückgreifen.

2.1.3 Outsourcing



Outsourcing (wörtliche Übersetzung: Auslagerung von Ressourcen) bezeichnet die langfristig ausgerichtete, vollständige oder teilweise Übertragung von zuvor innerbetrieblich erfüllten Aufgaben eines Betriebs an selbstständige, externe Produzenten und Dienstleister. Im Rahmen eines Outsourcing-Vertrags werden die Dauer des Abkommens und die Qualität der zu erbringenden Leistungen exakt festgelegt.

Gründe für das Outsourcing sind erhoffte kurz- bis mittelfristige Kosteneinsparungen sowie die Erhöhung der Flexibilität, Effizienz und Qualität, da die Aufgaben an hochspezialisierte Unternehmen abgetreten werden. *Gegenargumente* sind der Verlust von Wissen, Sicherheitsbedenken, Sorgen um Abhängigkeiten von einem Drittunternehmen und der mit dem Outsourcing verbundene Koordinationsaufwand. Letztendlich ist die Entscheidung, ob ein Betrieb Outsourcing einsetzen möchte, eine Frage des Sicherheitsbedürfnisses und der Risikoabschätzung.

IT-Outsourcing war früher meist auf die Auslagerung von Programmierungsarbeiten, die Inanspruchnahme eines nahe gelegenen Servicerechenzentrums und Call-Centers beschränkt. Bedingt durch die steigenden Kosten, den IT-Fachkräftemangel und den zunehmenden Wettbewerbsdruck sind jedoch in den letzten Jahren immer mehr Betriebe dazu übergegangen, auch anspruchsvollere Prozesse oder die gesamte Informationsverarbeitung an Outsourcing-Partner zu übertragen.

Internationale Outsourcing-Projekte sind erst durch das Angebot schneller, weltumspannender Netze für die Datenübertragung möglich geworden. Dadurch haben sich für strukturschwache Regionen und Schwellenländer mit niedrigem Gehaltsniveau und gutem Bildungsgrad neue Beschäftigungsmöglichkeiten ergeben.

Call-Center deutscher und österreichischer Unternehmen werden heute oft in polnischen, tschechischen und slowakischen Grenzgebieten betrieben, wo genügend Mitarbeiter mit deutscher Muttersprache zu finden sind. Die *Softwareentwicklung* ist vielfach nach Indien ausgelagert worden, wo um die Metropolen Bangalore, Chennai, Hyderabad, Mumbai und Neu Dehli/Gurgaon blühende Technologiezentren entstanden sind. Geringere Gehälter, gute Englischkenntnisse, eine angemessene IT-Infrastruktur und der Zeitzonener Unterschied sind für europäische und US-amerikanische Auftraggeber höchst attraktiv.

B

Offshoring ist die vollständige oder teilweise Übertragung von zuvor im Inland erfüllten Aufgaben an eine *firmeneigene Niederlassung (Servicezentrum)* oder einen *selbstständigen Dienstleister/Produzenten* im *Ausland*. Dabei wird häufig zwischen **Farshoring**, der Auslagerung in ferne Länder (zum Beispiel von Deutschland nach China und Indien), und **Nearshoring**, der Auslagerung in nahe gelegene Länder (zum Beispiel von Deutschland nach Polen, Tschechische Republik, Slowakei, Bulgarien, Rumänien), unterschieden.

!

Im IT-Bereich können in vielen Fällen die größten Einsparungen durch eine Auslagerung in Billiglohnländer erreicht werden. Allerdings ist dies im Allgemeinen nur möglich, wenn bei der Erbringung der Dienstleistungen wenig Interaktion notwendig ist, und die Dienstleistungen in sich weitgehend abgeschlossen und wohldefiniert sind. In vielen Fällen ist auch das unternehmerische Risiko bei größeren Entfernungen und Auslagerung in andere Kulturkreise höher als bei nahen Auslagerungen.

Während die Entwicklungsländer durch nationale Programme das Offshore-Outsourcing fördern, gibt es in den Industrieländern und bei den betroffenen Arbeitnehmern berechtigte Befürchtungen vor dem damit verbundenen *Arbeitsplatzverlust*.

Bei dem stark aufkommenden sogenannten *Cloud-Computing*, der Auslagerung des Betriebs von Informationssystemen zu Serviceanbietern im Internet, weiß der Anwender in der Regel nicht mehr, wo, das heißt, in welchen Rechenzentren irgendwo auf der Welt seine Aufgaben verrichtet werden. Der englische Begriff *Cloud* (deutsch: Wolke) steht in der Informatik als Metapher für Rechnetze, deren Struktur unbekannt oder unwesentlich ist – hier für das Internet. Das Spektrum der Möglichkeiten reicht vom einzelnen PC- oder Smartphone-Benutzer, der seine Adressen, Kalender, Dokumente, Fotos, Videos und Musik in der Cloud sichert und damit automatisch Änderungen mit seinen

anderen Geräten synchronisiert, bis hin zu sehr großen Datenbanken, ERP-Systemen, Websites usw. von internationalen Konzernen, die dadurch auf eigene Rechenzentren verzichten können.



Beim **Cloud-Computing** (engl.: cloud computing) erfolgt der Betrieb von Informationssystemen zum Teil oder zur Gänze bei IT-Serviceanbietern im Internet. Die Services können die Nutzung von Hardware (Rechner, Speicher, Netze) und von Software beinhalten.



Beispiele für Cloud-Angebote sind E-Mail-Dienste wie *GMX*, *Gmail*, *Web.de* oder *Outlook*, Speicherdienste wie *Dropbox*, *Amazon Cloud Drive*, *Google Drive* oder *Microsoft OneDrive*, komplette Plattformen wie *Amazon Web Services (AWS)*, *Microsoft Azure* oder die *Open Telekom Cloud*, Bürosoftwaredienste wie *Google Docs* oder *Microsoft Office 365* und ERP-Softwaredienste wie *SAP Business by Design*. Die neueste *SAP Business Suite S/4HANA* wird sowohl für den Vor-Ort-Einsatz (im unternehmenseigenen Rechenzentrum) als auch für die Cloud-Verwendung angeboten. Mehr dazu in den Kapiteln 5 und 12.

Outsourcing ist für die vom Beschäftigungsverlust betroffenen oder bedrohten Arbeitnehmer und Länder negativ. Für den Betrieb insgesamt beziehungsweise die Geschäftsführung, die Arbeit auslagert, die beauftragten Outsourcing-Dienstleister und die begünstigten Länder überwiegen vielfach die positiven Wirkungen. Oft haben Betriebe im harten internationalen Wettbewerb heute kaum noch eine andere Möglichkeit, als die Arbeit dorthin zu verlagern, wo sie am kostengünstigsten ist. Sie sehen hier sehr deutlich die eingangs erwähnten unterschiedlichen Wirkungen des IT-Einsatzes in verschiedenen, stark miteinander verknüpften Teilsystemen der Gesellschaft.

Die Globalisierung und das Outsourcing müssen in den handelnden Unternehmen keineswegs immer zu weniger Arbeitsplätzen führen. Oft kann der Arbeitsplatzverlust durch die verbesserte Wettbewerbsposition und eine innovative Unternehmenspolitik, die neue Arbeitsplätze schafft, überkompensiert werden.



Zum Beispiel ist in der *deutschen Automobilindustrie* schon seit den 1980er Jahren neben der Globalisierung die Verschlinkung der Produktion durch Outsourcing der wichtigste Entwicklungstrend. Während früher der größte Teil der Fahrzeugkomponenten von den Automobilherstellern selbst produziert wurde, wurde deren Entwicklung und Fertigung zunehmend an hoch spezialisierte Zulieferer übertragen. Auch die Lagerhaltung und der Transport sowie Dienstleistungen wie die Informationsverarbeitung, Liegenschaftsverwaltung, Sicherheitsdienste, das Catering usw. wurden ausgelagert. Heute entfallen auf die Zulieferer 70 Prozent der Wertschöpfung. Die Automobilhersteller konzentrieren sich auf die Entwicklung strategisch wichtiger Bauteile wie Motoren, die Montage und das Marketing.

Die Zahl der Beschäftigten der Automobilindustrie ist in Deutschland trotz Automatisierung, Globalisierung und Outsourcing in den letzten Jahren kontinuierlich gewachsen:

von 701.585 im Jahr 2007 auf 818.000 Mitarbeiter im Jahr 2017. Davon entfallen rund 300.000 Mitarbeiter auf deutsche Zulieferer. Damit ist die Automobilindustrie nach der Informationswirtschaft und dem Maschinenbau die drittgrößte Branche Deutschlands (Quelle: VDA).

2.1.4 Arbeit

Arbeit (engl.: work, employment), genauer Erwerbsarbeit (engl.: gainful employment), ist die von Menschen zur Existenzsicherung ausgeübte berufliche Tätigkeit, das heißt, Mitwirkung an der betrieblichen Leistungserstellung. Aus traditioneller betriebswirtschaftlicher Sicht ist die menschliche Arbeit ein Produktionsfaktor (neben Betriebsmitteln und Werkstoffen), der in objektbezogene Arbeit (Ausführung) und dispositive Arbeit aufgeteilt werden kann. Die dispositive Arbeit erfolgt durch die Geschäftsführung beziehungsweise Leitung, unterstützt durch Planung, Organisation und Kontrolle.



Bereits in den 1960er Jahren wurden Befürchtungen über den Verlust von Arbeitsplätzen „durch den Computer“ geäußert. Diese Furcht ist auch heute noch in vielen Bereichen vorhanden. Tatsächlich sind durch den Einsatz moderner Informationstechnik Millionen von Arbeitsplätzen abgebaut worden, vor allem für nicht oder niedrig qualifizierte Arbeitnehmer. Allerdings ist gleichzeitig die Anzahl an neuen Berufen und neuen Arbeitsplätzen kontinuierlich gewachsen. Dieses Wachstum ist nicht trotz, sondern gerade wegen des technischen Wandels zustande gekommen.

Prognosen über Arbeitsplatzverlust und Arbeitsplatzbeschaffung durch den IT-Einsatz

Der IT-Branchenverband *Bitkom* sagt für die *Beschäftigungslage in Deutschland* eine düstere Zukunft voraus, wenn nicht von der Regierung rasch Gegenmaßnahmen eingeleitet würden. Aufgrund einer 2017 durchgeführten Umfrage sei davon auszugehen, dass in Deutschland durch den zunehmenden IT-Einsatz in den kommenden fünf Jahren 3,4 Millionen Stellen verlorengehen. Bei insgesamt 33 Millionen Beschäftigten wäre das jede zehnte Stelle. In den nächsten 20 Jahren werde die Hälfte der Berufsbilder wegfallen. Mit dieser Meinung steht die *Bitkom* allerdings ziemlich alleine da. Der *Deutsche Industrie- und Handelskammertag (DIHK)* warnte prompt, es sei gefährlich, falsche Signale auszusenden. Das Gegenteil sei richtig. Der größte Engpass deutscher Unternehmen sei der Mangel an Fachkräften. Der *Maschinenbauverband VDMA* teilte mit, der IT-Einsatz könne zum Jobmotor für Deutschland werden. Es veränderten sich zwar Tätigkeiten und Berufsbilder, in Summe würden aber mehr Stellen entstehen als verloren gehen. Das *Nürnberger Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung* sieht für 25 Prozent der derzeitigen Arbeitsplätze eine hohe Substituierbarkeit durch den Rechnereinsatz, geht aber davon aus,



dass bis 2025 netto kaum Stellen wegfallen. Je höher die Stellenanforderungen beziehungsweise der nötige Bildungsgrad, desto geringer sei die Substituierbarkeit (Quelle: FAZ, IAB).

Auch für andere Länder, etwa die USA und Großbritannien, und die ganze Welt kommen die Prognosen über die Zahl der vernichteten und geschaffenen Arbeitsplätze durch den IT-Einsatz zu extrem unterschiedlichen Ergebnissen. Das gilt sowohl für die Größenordnung der betroffenen Arbeitsplätze als auch für die Frage, ob die Vernichtung oder die Schaffung von Arbeitsplätzen überwiegt. (siehe Tab. 2.2)

Wann	Wo	Vernichtete Arbeitsplätze	Geschaffene Arbeitsplätze	Quelle
2016	weltweit		900.000–1.500.000	Metra Martech
2018	USA	13.852.530	3.078.340	Forrester
2020	weltweit		1.000.000–2.000.000	Metra Martech
2020	weltweit	1.800.000	2.300.000	Gartner
2020	Sampling von 15 Ländern	7.100.000	2.000.000	World Economic Forum (WEF)
2021	weltweit		1.900.000–3.500.000	The International Federation of Robotics
2021	USA	9.108.900		Forrester
2022	weltweit	1.000.000.000		Thomas Frey
2025	USA	24.186.240	13.604.760	Forrester
2025	USA	3.400.000		ScienceAlert
2027	USA	24.700.000	14.900.000	Forrester
2030	weltweit	2.000.000.000		Thomas Frey
2030	weltweit	400.000.000–800.000.000	555.000.000–890.000.000	McKinsey
2030	USA	58.164.320		PwC
2035	USA	80.000.000		Bank of England
2035	UK	15.000.000		Bank of England
Ohne Datum	USA	13.594.320		OECD
Ohne Datum	UK	13.700.000		IPPR

Tab. 2.2: Prognosen über Arbeitsplatzverlust und Arbeitsplatzbeschaffung durch Informationstechnik (Quelle: E. Winick, 2018)

Alle Studien sind sich jedoch darüber einig, dass ein wesentlicher Teil der Berufsbilder im nächsten Jahrzehnt sich ändern oder verschwinden wird. Die Mitarbeiter müssen deshalb flexibler werden und häufiger ihre Jobs wechseln als bisher. Durch laufende Weiterbildung müssen sie sich an die im Wandel begriffenen Qualifikationsanforderungen anpassen. Das heißt jedoch nicht, dass unserer Gesellschaft die Arbeit ausgehen wird (siehe auch weiter unten die Studie der *Boston Consulting Group*). Die technischen Fortschritte der vergangenen zwei Jahrhunderte haben die menschliche Arbeit nicht überflüssig gemacht. Vielmehr ist die Beschäftigungsquote der Bevölkerung im 20. und 21. Jahrhundert deutlich gestiegen, auch wenn es immer wieder zu zyklischen Schwankungen der Arbeitslosenquote gekommen ist. Diese Entwicklung der Beschäftigung wird durch zwei konkurrierende Effekte beeinflusst: Den arbeitsplatzvernichtenden Effekt der Automatisierung und den arbeitsplatzschaffenden Effekt in Sektoren mit Produktivitätsfortschritten. Es ist schwierig vorherzusagen, wie sich diese gegenläufigen Effekte kumulativ auswirken werden.

Rechner sind den Menschen bei Aufgaben überlegen, bei denen eine genau definierte Eingabe aufgrund eines exakten Regelwerks, das sich nicht allzu schnell ändert, zu einer ganz bestimmten Ausgabe führen. Beispiele sind Anträge bei Behörden, die bei Vorliegen aller gesetzlichen Voraussetzungen zu Genehmigungen oder bestimmten Handlungen führen *müssen*, wie Baubewilligungen, Trauung und Verpartnerung, Ausstellung von Urkunden und Ausweisen, Steuer- und Gebührenbescheide. Bei Versicherungen sind die Risikoanalyse und der Vertragsabschluss, die Schadensregulierung und die Ermittlung von Schadenreserven solche wohldefinierten Aufgaben. Bei Banken fallen die Gewährung von Kleinkrediten und der Zahlungsverkehr, bei Industriebetrieben die Produktionsplanung und -steuerung und beim Handel die Lagerhaltung, Bestellabwicklung und Verkaufsabrechnung unter anderem in diese Aufgabenkategorie. Menschen sind hingegen den Rechnern bei jenen Aufgaben überlegen, die nicht wohldefiniert sind, deren Lösung Intuition, Interpretationskunst, Einfühlungsvermögen oder Hausverstand erfordert, und bei denen die Bedingungs-lage rasch wechselt beziehungsweise nicht vorhersehbar ist. Die Frage, wie weit es möglich oder wünschenswert ist, dass Rechner eines Tages auch diese Aufgaben abdecken und Gefühle wie Barmherzigkeit, Güte, Mitgefühl, Zuneigung und Bedauern einbeziehen können, ist eine offene, in der Wissenschaft seit mindestens 50 Jahren heiß diskutierte Frage. 1966 hat der Computewissenschaftler Josef Weizenbaum ein Programm namens ELIZA geschaffen, das in einem Dialog mit einem Benutzer sich wie ein Therapeut verhielt. Weizenbaum, der in diesem Programm einfache Sprachmuster verwendete, war schockiert, dass seine Schöpfung als Durchbruch der künstlichen Intelligenz

gefeiert wurde. Seit damals gilt das Experiment mit ELIZA als ein vielzitiertes Beispiel naiver Computergläubigkeit. Einigkeit herrscht jedoch allgemein, dass sich die Menschen durch Ausbildung und Weiterbildung an die informationstechnische Entwicklung anpassen müssen.

B

Die *Boston Consulting Group* prognostiziert aufgrund einer groß angelegten Befragung langfristig (2030) eine globale Arbeitskrise, die einerseits durch einen beträchtlichen Arbeitskräftemangel und andererseits durch eine enorme Diskrepanz zwischen vorhandenen und benötigten Qualifikationen sowie durch eine große kulturelle Herausforderung gekennzeichnet sein werde. Wenn sich beispielsweise in Deutschland das Wachstum der letzten 20 Jahre fortsetzt, würden schon bald acht Millionen Arbeitskräfte fehlen, das sind mehr als 20 Prozent der derzeit Beschäftigten. Jeder Betrieb, aber auch jedes Land, benötigt deshalb eine langfristige Strategie, um den Bedarf für die verschiedenen Tätigkeitsfelder und die hierfür nötigen verschiedenen Qualifikationen zu planen, um Mitarbeiter zu gewinnen, diese aus- und fortzubilden, und um die Mitarbeiter durch eine ansprechende Organisationskultur zu binden (Quelle: BCG, 2014).

Die Arbeitswelt hat sich durch die Informationstechnik bereits stark verändert. Es gibt kaum noch einen Arbeitsplatz, wo man ohne Rechnerunterstützung und Internet-Zugang auskommt. Die Arbeit ist anspruchsvoller und interessanter geworden, weil Routinetätigkeiten automatisiert wurden. Die Kommunikation und Zusammenarbeit mit internen und externen Partnern werden erleichtert, die Arbeitsleistung und die Arbeitsproduktivität werden erhöht. Damit steigt aber auch der Arbeitsdruck. Zudem sind IT-Probleme oftmals eine Quelle der Frustration. Es gibt einen starken Trend zu flexiblen Arbeitszeiten und neuen Arbeitsformen, zu mehr Mobilität und der Vernetzung von beruflicher und privater Sphäre.

Telearbeit

!

Unter **Telearbeit** (engl.: telework) ist die Arbeit zu verstehen, die Mitarbeiter außerhalb der Firmenräume, in der Wohnung oder in einem Telezentrum (engl.: telecentre), unter Nutzung von Telekommunikationsnetzen und entsprechenden technischen Geräten zur Erledigung ihres Arbeitsvertrags verrichten.

Telearbeit ist somit nicht notwendigerweise mit *Heimarbeit* (engl.: homework) gleichzusetzen. Vor allem in strukturschwachen Regionen richten oft Gemeinden und Bundesländer informationstechnisch gut ausgestattete *örtliche Telearbeitsstätten* (= *Telezentren*) ein, um dadurch zusätzliche Beschäftigungsmöglichkeiten zu schaffen und Pendlern lange Anfahrtswege zu ersparen.

Durch *Telearbeit* werden flexiblere Arbeitszeiten möglich, wodurch den Neigungen des Einzelnen entsprochen werden kann. Dies führt einerseits zu einer Steigerung der Produktivität für den Betrieb – wenn man davon ausgeht, dass zufriedene Mitarbeiter mehr leisten als unzufriedene – und andererseits zu einer Ausweitung der Flexibilität für den Arbeitnehmer. Der Telearbeiter spart Anfahrtszeit und Reisekosten, der Arbeitgeber Raumkosten. Bei an den Haushalt gebundenen Personen ist Telearbeit oft die einzige Möglichkeit, überhaupt tätig zu werden. *Gesamtwirtschaftliche Vorteile* sind der reduzierte Verkehr, die daraus folgende geringere Umweltbelastung und die erweiterten Beschäftigungsmöglichkeiten.

Natürlich gibt es auch *Probleme* beziehungsweise *Nachteile*. Für manche Menschen ist Telearbeit zu Hause ungeeignet – zum Beispiel solche, die nicht genügend Selbstmotivation aufbringen oder einer laufenden Anleitung bedürfen. Vor allem für Neulinge ist es wesentlich, von Arbeitskollegen sinnvolle Arbeitstechniken „abzuschauen“ oder praktische Hilfestellung zu bekommen. Für viele Menschen ist der Betrieb ein Ort sozialer Begegnung, wo sie sich unterhalten können, Kontakte finden und Freundschaften entwickeln. Untersuchungen zeigen, dass Telearbeiter oft schlechter bezahlt sind und häufiger bei Beförderungen übergangen werden. Die Heimarbeit kann zur Selbstausbeutung (unbezahlte Überstunden) und zu Störungen des Familienlebens führen. Viele Haushalte eignen sich nicht oder nur schlecht für die Telearbeit (kein Arbeitszimmer, Störungen durch kleine Kinder und laute Nachbarn).

Partizipation

Weil das gesamte Wissen über Geschäftsprozesse zunehmend in Rechnern gespeichert ist und damit prinzipiell den Mitarbeitern auf allen Ebenen und in allen Bereichen zur Verfügung gestellt werden kann, sind weitreichendere Formen der Mitbestimmung und Mitwirkung als bisher möglich. Man spricht von einer *Demokratisierung des Wissens*. Befürworter versprechen sich von der aktiven Beteiligung der Mitarbeiter interessantere Arbeitsinhalte, eine höhere Arbeitszufriedenheit und eine gesteigerte Effektivität, das heißt, eine bessere Erreichung ökonomischer Ziele. Die Frage ist nur, ob die Geschäftsführung diese größere Selbstständigkeit und stärkere Einbeziehung der Mitarbeiter in die Willensbildungs- und Entscheidungsprozesse wünscht und zulässt. Oft wird dadurch von den Führungskräften ein Verlust ihrer Autorität und damit verbundener Macht befürchtet. Das Ausmaß der Partizipation ist also primär eine Frage des Führungsstils geworden und wird nicht mehr durch die technische Informationsbereitstellung beschränkt.

B

Die *Automobilindustrie* ist ein Beispiel für den technologischen Wandel und die daraus resultierenden Konsequenzen für die menschliche Arbeit. 1980 entfielen weniger als 10 Prozent der Fertigungskosten eines Autos auf elektronische Teile, heute sind es mehr als 30 Prozent und 2030 werden es voraussichtlich mehr als 50 Prozent sein. Dies verlangt neue Qualifikationen und hat viele neue Stellen geschaffen. Durch Telearbeit wird vor allem in den Bereichen Forschung und Entwicklung die Flexibilität und Effizienz gesteigert.

Durch den kompletten Umstieg auf Elektroautos (bei einem Zulassungsverbot von Autos mit Verbrennungsmotoren ab 2030, wie vom Bundesrat 2016 gefordert) wären rund 600.000 Arbeitsplätze in Deutschland direkt oder indirekt betroffen – so eine Studie des *Ifo-Instituts für Wirtschaftsforschung* im Auftrag des für effizientes Lobbying bekannten Verbands der Automobilindustrie (VDA). 426.000 Jobs in der Automobilindustrie wären potenziell gefährdet. Die Beschäftigtenzahl in der Produktion würde deshalb massiv zurückgehen, weil Elektroautos durch den Wegfall des Verbrennungsmotors und seiner Nebenaggregate weit weniger Teile benötigen (Quelle: Ifo, 2017). Zu konträren Ergebnissen kommt eine Studie der *European Climate Foundation (ECF)*, die nicht von einem abrupten Umstieg ausgeht. Danach könnte der Wechsel zu klimafreundlichen Autos in Deutschland rund 145.000 zusätzliche Arbeitsplätze schaffen (Quelle: ZEIT Online, 2017).

Ein Beispiel für die Partizipation in der Automobilindustrie sind *Qualitätszirkel*. Das sind regelmäßig stattfindende, moderierte Gesprächsrunden, zu denen sich Mitarbeiter der gleichen (meist niedrigen) hierarchischen Ebene auf freiwilliger Basis treffen, um Schwachstellen zu analysieren, Verbesserungsvorschläge zu erarbeiten, diese gemeinsam zu implementieren oder die Implementierung durch Spezialisten anzuregen. Die Gruppenarbeit kann durch Software zur Terminabsprache, für Videokonferenzen, für Vorschläge, deren Kommentierung und Abstimmung, für Brainstorming, für Präsentationen, für Gruppenkalender und Aufgabenlisten, für die Protokollierung und Kommunikation von Ergebnissen und für das Projektmanagement unterstützt werden. Neben Software bzw. Webservices für einzelne der genannten Funktionen gibt es Kollaborationsplattformen, die viele der genannten Funktionen integrieren, anfallende Dateien synchronisieren und per Virens Scanner überprüfen.

2.1.5 Freizeit

!

Freizeit (engl.: leisure) ist arbeitsfreie Zeit, über die der Einzelne frei verfügen kann. Sie dient zur Erholung, Unterhaltung, Bildung, Sport usw.

In Industriestaaten wie Deutschland, Österreich und der Schweiz verfügen inzwischen 85–90 Prozent der Privathaushalte über IT-Geräte wie PCs, Tablet-Computer und Smartphones sowie Internet-Zugang. Vor 20 Jahren, 1998, waren es gerade einmal zehn Prozent Online-Nutzer. Dementsprechend gab und gibt es einen starken Wandel bei der Freizeitgestaltung, insbesondere bei der Mediennutzung und bei sozialen Kontakten. Die beliebtesten Freizeitaktivitäten sind zwar immer noch Fernsehen, Radio hören und Telefonieren, doch dann folgt bereits die Internet-Nutzung – deutlich vor dem Lesen von Zeitungen und Zeitschriften, Zeit mit dem Partner verbringen oder Sport treiben. Heute bietet

die Informationstechnik in Privathaushalten neben der beruflichen Unterstützung eine laufend wachsende Vielfalt von Funktionen zur Entspannung und Unterhaltung, Kommunikation, Haushaltsführung (Einkaufen, Telebanking, Kochrezepte usw.), Bildung (Recherchen, E-Learning usw.), Planung von Reisen, Sport- und Gesundheitsmonitoring bis hin zur Wohnungsüberwachung und Fernsteuerung von Anlagen wie Licht und Heizung. Wir betrachten die Entwicklung am Beispiel des Smartphones etwas genauer.

Laut einer Untersuchung des Freizeitmonitors 2016 der deutschen *Stiftung für Zukunftsfragen* sind die am häufigsten genutzten *Smartphone-Anwendungen* (in absteigender Reihenfolge): Telefonieren, Nachrichten verschicken, Fotografieren oder Videos machen, integrierte Funktionen wie Uhr, Wecker oder Kalender verwenden, im Netz surfen, soziale Netzwerke, Videos schauen, Musik hören, Spielen und andere Apps nutzen. Dabei ergeben sich erhebliche Altersunterschiede. Die *jüngere Generation* nutzt regelmäßig und häufig alle genannten Möglichkeiten, um ihr Alltagsleben zu erleichtern, vielfach aber auch nur zur Überbrückung von Wartezeiten und zur Verhinderung von Langeweile.

B

Zwei Drittel aller Zehnjährigen in Deutschland haben bereits ein eigenes Smartphone, bis zum 18. Lebensjahr steigt der Prozentsatz der Smartphone-Besitzer auf 94 Prozent. Fernsehen und Radio sind für *Jugendliche* inzwischen nachrangig. Zur Nachrichtenübermittlung nutzen sie hauptsächlich den Chatdienst *WhatsApp*. *Twitter* hat nur geringe Bedeutung, E-Mail ist nahezu bedeutungslos. Bei den sozialen Netzwerken dominiert die Videoclip-Plattform *YouTube* vor *Instagram* und *Snapchat*, mit denen kurzzeitig Fotos und Videos mit Freunden geteilt werden. Das weltweit größte soziale Netzwerk, *Facebook*, folgt auf der Nutzungsskala und ist bei Jugendlichen hauptsächlich noch als Nachrichtenkanal relevant. Der Videotelefoniedienst *Skype* ist vor allem bei Computerspielen mit mehreren Spielern für begleitende Videokonferenzen wichtig. *WhatsApp*, *YouTube*, *Instagram* und *Snapchat* sind bei Mädchen deutlich beliebter als bei Burschen, bei *Skype*, dem in der Bedeutung stark zunehmenden *Telegram* (*WhatsApp*-Ersatz) und *Twitch* (Videoplattform für Computerspiele) ist es umgekehrt. Tendenziell nimmt die Nutzung der großen Plattformen zugunsten kleinerer Netzwerke ab (Quellen: Bitkom, Stand: 2017, und Jugend-Internet-Monitor 2018 von Saferinternet.at).

Die *mittlere Generation* begnügt sich bei der Smartphone-Nutzung meist mit den Hauptfunktionen Telefonieren, Nachrichten verschicken und Fotografieren. Für *Ältere* ist das Smartphone oft nicht viel mehr als ein Telefonapparat (Quelle: Freizeitmonitor 2016 der deutschen Stiftung für Zukunftsfragen).

Das Smartphone ist in Privathaushalten zunehmend auch eine *Steuerungszentrale für das Internet der Dinge*. Es wird im Verbund mit der Kommunikationsanlage im Auto (wie beispielsweise *Apple CarPlay* und *Android Auto*), mit der Smartwatch, Audiogeräten, Fitnessarmband, Spielkonsole, TV- oder Haushaltsgeräten verwendet. Folgende kostenpflichtige Produkte und Dienste werden mit Smartphones am häufigsten gekauft: Waren aller Art (zum Beispiel Bekleidung), Spiele, Reisen, Nachrichtentexte, Musik und Filme/Videos (Häufigkeit jeweils in absteigender Reihenfolge, Quelle Bitkom, Stand 2017).

Die elektronischen Kommunikationsdienste und insbesondere soziale Netzwerke ermöglichen es, mit in der Welt verstreuten Familienmitgliedern, Partnern, Freunden und Bekannten einfach und kostenlos in regem Kontakt zu bleiben. Das Auffinden von ehemaligen Schulkameraden und Freunden sowie die Partnersuche werden erleichtert. Jugendliche werden unterstützt, außerhalb des familiären Umfelds eigene Beziehungen zu entwickeln und zu pflegen, und Selbstbewusstsein zu entwickeln.

Auf der *Negative*seite stehen die Abnahme persönlicher Kontakte, wie Bekannte, Nachbarn und Verwandte zu treffen, etwas mit Freunden zu unternehmen, mit Kindern zu spielen, am Vereinsleben teilzunehmen sowie das Lesen von Büchern, Zeitungen und Zeitschriften. Die mit Chatdiensten und in sozialen Netzwerken ausgetauschte Information ist oft ziemlich trivial, bruchstückhaft, manchmal falsch (engl.: fake news) und für stabile zwischenmenschliche Beziehungen größtenteils irrelevant. Durch das ständige Online-Sein wird die soziale Kompetenz kaum entwickelt, eine schleichende Vereinsamung und soziale Entfremdung ist zu befürchten. Benutzer bekommen zunehmend nur noch Dinge zu sehen, die sie selbst gernhaben, und immer weniger Inhalte, die dem eigenen Weltbild widersprechen. Es besteht zudem die Gefahr, dass emotionale, sprachliche und handschriftliche Fähigkeiten verkümmern (Briefe werden kaum mehr geschrieben). Weitere Problembereiche sind die Informationsüberflutung, die Gefährdung der Privatsphäre durch die unbedachte Weitergabe von persönlicher Information (Fotos, Kommentare), die Entstehung von Unzufriedenheit durch ständige Vergleiche mit anderen Teilnehmern in sozialen Netzwerken, die Vernachlässigung von Höflichkeit, Respekt, Korrektheit und Stil bei der Kommunikation bis hin zu Psychoterror (Stalking, Mobbing) und an den Pranger stellen durch massenhafte Empörung und überbordende Kritik bei vermeintlichem Fehlverhalten in Foren und sozialen Netzwerken (engl.: shitstorm).

Das Verschwimmen von Privat- und Berufsleben durch die Arbeit zu Hause und die jederzeitige Erreichbarkeit durch Arbeitgeber, Kunden usw. führen zu Stress. Der dauernde Bildschirmgebrauch kann den Augen schaden und Verspannungen hervorrufen. Vor allem bei labilen Jugendlichen kann durch die übermäßige Nutzung Internet-Abhängigkeit und Computersucht entstehen, die sich in Verhaltensstörungen und der Vernachlässigung zwischenmenschlicher Kontakte bis hin zum vollkommenen sozialen Rückzug äußern. Ob Gewaltdarstellungen in Videos und Spielen bei Jugendlichen zu einer Verrohung und höheren Gewaltbereitschaft führen und ob der häufige Konsum von Pornovideos den ungezwungenen Umgang mit der Sexualität beeinträchtigt, ist umstritten.

2.1.6 Umwelt

Die **Umwelt** (engl.: environment) ist das natürliche Lebensumfeld des Menschen. Die negative Beeinflussung und Veränderung der Umwelt durch physikalische, chemische oder biologische Eingriffe bezeichnet man als **Umweltbelastung** (engl.: environmental footprint). Aus systemtheoretischer Perspektive gehört zur Umwelt alles, was nicht Teil des Systems ist. Die Abgrenzung erfolgt hier aus Gründen der Komplexitätsreduktion.



Wir haben bereits oben auf die Reduktion des Berufsverkehrs durch Telearbeit hingewiesen. Die Telekommunikation bietet die Chance, Zusammenarbeit verteilt und ortsunabhängig mit weniger Umweltbelastung durchzuführen. Möglichkeiten der Reduktion des physischen Verkehrs bieten zusätzlich Videotelefonie und Videokonferenzen (Reduktion des Geschäfts- und Dienstreiseverkehrs), Distanzhandel (beispielsweise Einkauf über das Internet) und Distanzlehre (engl.: e-learning).

Diesen positiven Umwelteffekten stehen allerdings auch *negative Effekte* gegenüber. Nach diversen Studien ist die Informationstechnik derzeit für 5–10 Prozent des weltweiten Energieverbrauchs verantwortlich. Darin ist der Energiebedarf enthalten, der beim Betrieb der Endgeräte (PCs, Smartphones, Spielkonsolen usw.), der Rechenzentren mit ihren Servern und Kühlanlagen sowie der Kommunikationsnetze (inklusive Mobilfunkstationen und Internet-Router) anfällt, und der bei der Fertigung von IT-Geräten entsteht. Man rechnet damit, dass der weltweite Energiebedarf für die Informationstechnik trotz Verbesserung der Energieeffizienz in den nächsten Jahren weiter steigen wird (jährlich 4–7 Prozent).

Bedingt durch die zunehmende Verbreitung und die kürzer werdenden Nutzungszeiten von IT-Geräten werden knappe Rohstoffe in höheren Ausmaßen benötigt (seltene Erden). Gleichzeitig nimmt der Elektroschrott laufend zu.

Als **Elektroschrott** oder **Elektronikschrott** (engl.: e-waste) bezeichnet man Elektrogeräte und elektronische Geräte oder deren Bauteile, die nicht mehr verwendet und deshalb entsorgt werden. Dazu gehören neben ausrangierter IT-Hardware beispielsweise nicht mehr benötigte Fernseher, Haushaltsgroß- und -kleingeräte, Kühlgeräte, Beleuchtungskörper usw. Einerseits enthält Elektroschrott toxische und umweltgefährdende Stoffe wie Blei, Quecksilber, Cadmium oder Dioxine, andererseits können aus dem Elektroschrott durch Recycling wertvolle Materialien wiedergewonnen werden.



Laut dem *Global E-waste Monitor* der UNO sind im Jahr 2016 fast 45 Millionen Tonnen Elektroschrott weltweit angefallen, von denen nur ein Fünftel wiederverwertet wurde. Die Menge des jährlich anfallenden Elektroschrotts wird sich nach dieser Studie bis 2020 auf über 52 Millionen Tonnen erhöhen.

Um dem Problem zu begegnen, wurde bereits 2003 die EU-Richtlinie zur Entsorgung gebrauchter Elektro- und Elektronikgeräte (engl.: waste of electrical and electronic equipment directive, Abkürzung: WEEE) erlassen, die Hersteller und Importeure verpflichtet, IT-Altgeräte wie PCs, Mobiltelefone und Drucker vom Verbraucher kostenfrei zurück zu nehmen und umweltgerecht zu entsorgen.



Der Begriff der **grünen IT** (engl.: green IT) fasst Maßnahmen zusammen, die IT-verursachte Umweltbelastungen reduzieren.

Dazu gehören:

- Entwicklung energieeffizienter IT-Komponenten durch die IT-Hersteller (wie zum Beispiel stromsparende Prozessoren, die je nach Rechenbedarf mit verschiedenen Taktraten arbeiten),
- Berücksichtigung des Energie-/Kühlbedarfs und der Emissionen bei der Standortwahl von Rechenzentren; Einsatz effizienter Kühlsysteme, Nutzung der Abwärme,
- Reduktion gefährlicher Chemikalien in Rechnern, Verwendung wieder verwertbarer Teile bei der Fertigung von Geräten durch die IT-Hersteller,
- Erhöhung der Transparenz und des Verantwortungsbewusstseins durch innerbetriebliche Weiterverrechnung der Energiekosten (in vielen Fällen sind Rechenzentrums- und Fachabteilungsleiter nicht für die Energiekosten ihrer Organisationseinheiten verantwortlich),
- Schärfung des Bewusstseins der Mitarbeiter für eine energiesparende Rechnerbenutzung am Arbeitsplatz und unterwegs,
- Vermeidung von Papierverbrauch (papierloses Büro),
- Entsorgungskonzepte der Anwender, die eine umweltschonende Beseitigung von Altgeräten durch die Hersteller oder seriöse Recycling-Dienstleister sicherstellen (derzeit werden noch viele Geräte nicht umweltgerecht in Entwicklungsländern entsorgt).

Staatliche und betriebliche *Umweltinformationssysteme* dienen zur Information über den Zustand der Umwelt (Luft, Lärm, Boden und Wasser), zur Überwachung der Einhaltung von gesetzlichen Vorgaben, zur Analyse der Wirksamkeit von Umweltschutzmaßnahmen und zur Früherkennung und Abwehr ökologischer Gefahren (wie Hochwasser, Lawinen, Vulkanausbrüche, Erdbeben, Tsunamis). Neben physikalischen Daten (beispielsweise Art und Umfang von Verpackungen, Elektroschrott, Emissionen, Energieverbrauch) werden auch die damit verbundenen Kosten einbezogen.

Wir setzen an dieser Stelle unsere *Beispiele aus der Automobilindustrie* fort. Der Individualverkehr gilt als die größte Umweltbelastung überhaupt. Schäden ergeben sich beispielsweise durch

B

- das immer größer werdende Straßennetz (in Deutschland werden hierfür zirka fünf Prozent des Bodens genutzt),
- die Autoproduktion (die Herstellung eines PKWs verursacht Emissionen von durchschnittlich 5–6 Tonnen des Treibhausgases Kohlendioxid),
- die beim Fahren entstehenden Abgase (Stickoxide, Kohlendioxid) und Schadstoffe (Feinstaub) sowie
- Schäden durch Unfälle.

Für die zulässigen Höchstwerte der Fahrzeugemissionen gibt es zwar seit Anfang der 1990er Jahre EU-einheitliche Vorschriften, die zulässigen Höchstwerte sind aber viel höher als beispielsweise in den USA, sie wurden vielfach bei Zulassungstests durch Softwaremanipulation der Motorsteuerung unterlaufen, und sie werden im Regelbetrieb auf der Straße weit überschritten. In Deutschland und anderswo werden zwar von den Behörden mittels Umweltinformationssystemen routinemäßige Emissionsmessungen durchgeführt, deren Ergebnisse auch durch die Bürger via Internet eingesehen werden können, die Überschreitung hatte aber bisher kaum Konsequenzen. Wegen der großen Bedeutung der Automobilindustrie für Beschäftigung und Wachstum und wegen den personellen Verflechtungen zwischen Automobilindustrie und Politik wird der deutschen Bundesregierung und den Behörden nachgesagt, sie verhinderten bei der EU strengere Abgasgrenzwerte und schärfere Kontrollen, sie seien bei der Aufarbeitung des Dieselskandals viel zu lasch vorgegangen, und sie hätten bisher nicht die nötigen wirksamen Maßnahmen gegen die umwelt- und gesundheitsschädliche Abgasbelastung ergriffen. Erst 2018 hat das deutsche Bundesverwaltungsgericht Dieselfahrverbote in Ballungsräumen mit hoher Schadstoffbelastung auch ohne bundeseinheitliche Regelung für zulässig erklärt, wenn der Grenzwert von 40 Mikrogramm Stickstoffoxiden je Kubikmeter Luft regelmäßig überschritten wird. Dadurch können und müssen die Städte bei Überschreitung des Grenzwerts solche Verbote erlassen – was erstmals 2018 in Hamburg auf zwei vielbefahrenen Straßen für ältere Dieselfahrzeuge geschehen ist. Aufgrund vorliegender Verwaltungsgerichtsurteile werden voraussichtlich 2019 in vielen weiteren großen Städten wie Aachen, Frankfurt am Main, Berlin, Stuttgart, Köln, Bonn, Essen und Gelsenkirchen Dieselfahrverbote folgen. Die Deutsche Umwelthilfe (DUH) hatte gegen die unzureichenden Luftreinhaltepläne dieser Städte Klage eingereicht; etliche weitere DUH-Klagen gegen andere Städte waren bis zum Erscheinungstermin dieses Buches noch nicht entschieden. Die deutsche Bundesregierung hat am 15. November 2018 beschlossen, das Immissionsschutzgesetz zu ändern, um bei geringfügiger Überschreitung des Stickoxid-Grenzwerts Fahrverbote zu vermeiden. Die DUH hat daraufhin die Einleitung eines Vertragsverletzungsverfahrens gegen die Bundesrepublik wegen Verstoßes gegen das EU-Recht angekündigt. Die EU-Kommission hat Deutschland wegen der Missachtung der seit 2010 für alle EU-Staaten verbindlichen EU-Grenzwerte für Stickoxide vor dem Europäischen Gerichtshof verklagt. Diese Grenzwerte wurden 2017 in 66 deutschen Städten überschritten, in 20 Orten erheblich.

2.1.7 Sicherheit



Sicherheit (engl.: security) ist das Geschütztsein vor Gefahren beziehungsweise Risiken.

Dieser Abschnitt vermittelt Ihnen einen grundlegenden Überblick über Sicherheitsfragen im Zusammenhang mit dem IT-Einsatz. Die Informationssicherheit und der Datenschutz sind so wichtig, dass wir diesen ein eigenes Kapitel 9 gewidmet haben. Dort werden viele der angesprochenen Themen genauer behandelt.

Informationstechnik ist ein Werkzeug, um in allen möglichen Bereichen Gefahren beziehungsweise Risiken zu begegnen, beispielsweise

- im Haus durch automatische und ferngesteuerte Rauchmelder, Bewegungsmelder, Überwachungskameras, Alarmanlagen, biometrische Türschlösser, GPS-Tracker mit Sturzerkennung und Notruffunktion für Senioren,
- im Auto durch Fahrerassistenzsysteme, die durch Abstandsregelung und Notbremsungen Auffahrunfälle und ein Abkommen von der Fahrbahn verhindern, beim Einparken und autonomen Fahren helfen und in der Nacht eine optimale Kurvenausleuchtung und adaptive Lichtverteilung je nach Fahrsituation ermöglichen, sowie durch Navigationssysteme und automatische Notrufsysteme, die einen Verkehrsunfall automatisch an die europaeinheitliche Notrufnummer 112 melden und damit die Rettung beschleunigen (wie das in der EU seit 2018 für Neuwagen vorgeschriebene *eCall*-System),
- im Betrieb durch Monitoring (Arbeitsschutz, Datenschutz, Brandschutz, Umweltschutz), Assistenzsysteme für die Bildschirmarbeit und Systeme, die eine hohe Informationssicherheit gewährleisten.

Andererseits ist die Informationstechnik auch ein *Instrument für Kriminelle*, um Straftaten zu begehen. Teilweise handelt es sich dabei um „traditionelle“ Vergehen, wie Beleidigung, Betrug, Diebstahl, Fälschung, Urheberrechtsverletzungen, die Verbreitung von Kinderpornografie oder den Handel mit Waffen und Drogen, die mittels der Informationstechnik effizienter als früher durchgeführt werden können und größere Kreise von Betroffenen erreichen. Teilweise sind es auch neuartige Delikte, die erst durch Rechner und insbesondere durch das Internet möglich geworden sind. Beispiele sind das Phishing persönlicher Zugangsdaten, um Bankkonten zu plündern, oder die Infektion und Manipulation von Rechnern mit Schadsoftware, um Daten abzugreifen und missbräuchlich zu verwenden, um mittels Datenverschlüsselung Lösegeld zu erpressen oder um die Rechner für weitere kriminelle Handlungen fernzusteuern. In kaum einem

anderen Deliktsbereich ist eine so starke, kontinuierlich steigende Kriminalitätsentwicklung zu verzeichnen wie bei der Internet-Kriminalität (engl.: cybercrime).

Nach der sehr breiten Definition des deutschen Bundeskriminalamts umfasst **Cybercrime** alle „Straftaten, die sich gegen das Internet, Datennetze, informationstechnische Systeme oder deren Daten richten (Cybercrime im engeren Sinne) oder die mittels dieser Informationstechnik begangen werden.“



Im Jahr 2016 wurden in Deutschland 82.649 Fälle von Cybercrime im engeren Sinne (+80,5 %) und 253.290 Fälle mit dem Tatmittel Internet (+3,6 %) gezählt. 2.175 Fälle betrafen das Phishing im Online-Banking (−51,4 %) und 972 Fälle betrafen Erpressungen mit Ransomware (+94,4 %). *Ransomware* (engl.: ransom heißt auf Deutsch: Lösegeld) ist Schadsoftware, die meist ganze Festplatten verschlüsselt und nur gegen die Zahlung von Lösegeld wieder entschlüsselt. Nach einer Studie des IT-Branchenverbands *Bitkom* von 2017 ist in den beiden vergangenen Jahren mehr als die Hälfte der Unternehmen in Deutschland Opfer von digitaler Wirtschaftsspionage, Sabotage oder Datendiebstahl geworden. Dadurch ist ein Schaden von rund 55 Milliarden Euro pro Jahr entstanden. Aus Sorge vor Imageschäden hat nur jedes dritte Unternehmen die Attacken gemeldet.



Der weltweite Schaden im Jahr 2017 wird im *Global Cybersecurity Report* der Sicherheitsfirma *McAfee* auf fast 600 Milliarden US-Dollar geschätzt. Mindestens 25 Prozent davon entfielen auf die Verletzung von Urheberrechten. Finanzinstitutionen waren bevorzugtes Ziel der besonders gefährlichen Hacker aus Russland, Nordkorea und dem Iran. Hacker aus China waren bei der Betriebsspionage besonders aktiv.

Spektakuläre Cybercrime-Fälle der letzten Jahre waren Diebstähle bei Börsen für Kryptowährungen im Gegenwert von Hunderten Millionen Euro: *Mt.Gox* kamen 2014 Bitcoins im Gegenwert von 350 Millionen Euro abhanden, 2018 wurden *Coincheck* NEM im Wert von rund 500 Millionen Euro gestohlen und bei *Bitgrail* haben Hacker Nano-Coins im Wert von knapp 150 Millionen Euro erbeutet. Weltweites Aufsehen hat auch die 2015 bekannt gewordene *VW-Abgasaffäre* erregt. Dabei wurde jahrelang mittels Betrugssoftware die Messung der Schadstoffemission von Diesel-PKWs aller Konzernmarken (*VW, Audi, Skoda, Seat, Porsche*) auf dem Prüfstand manipuliert. Allein in den USA hat der Dieselskandal *VW* schon mehr als 20 Milliarden Euro an Schadensersatz und Strafen gekostet, auch der Softwarelieferant *Bosch* musste an betroffene Kunden Entschädigungen in dreistelliger Millionenhöhe leisten. In Deutschland hat die Staatsanwaltschaft Braunschweig 2018 ein Bußgeld von einer Milliarde Euro gegen *Volkswagen* verhängt. Audi musste 800 Millionen Euro Bußgeld für Abgasmanipulationen zahlen. Weitere Verfahren wegen der Verwendung von Abschaltvorrichtungen, die die Wirksamkeit der Abgasreinigung reduzieren, laufen auch gegen andere Automobilhersteller.

Internet-Kriminalität ist oft transnationale Kriminalität mit globaler Streuung von Tätern, Tatmitteln (Server usw.), Opfern und Geldflüssen, die durch eine zunehmende Professionalisierung der Täter, das Angebot krimineller Dienstleistungen (engl.: cybercrime-as-a-service) und die vermehrte Nutzung von Anonymisierungsdiensten beziehungsweise des *Darknets* gekennzeichnet ist.

! Das **Darknet** (engl.: darknet) ist ein Teil des Internets, der eine anonyme Nutzung verspricht. Durch verschlüsselte Verbindungen über ständig wechselnde Server wird angestrebt, dass die Teilnehmer nicht identifiziert und nachverfolgt werden können. Um Teilnehmer zu werden, muss man bei vielen Plattformen von einem Nutzer eingeladen oder akzeptiert werden.

Wegen der schwierigen Überwachung wird das Darknet häufig für illegale Aktivitäten, wie beispielsweise den Waffen- und Drogenhandel, den Austausch von Kinderpornografie oder terroristische Umtriebe, genutzt. Es dient aber auch zur Kommunikation von Menschen, die sich vor staatlicher Zensur und Kontrolle oder aus sonstigen Gründen (Redaktionsgeheimnis, Whistleblowing) schützen wollen.

Der Schutz ihrer persönlichen Daten ist vielen Menschen ein großes Anliegen. Andere halten die Befürchtungen vor Datenmissbrauch und die Anforderungen des Datenschutzes für übertrieben. Schon in den 1970er und 1980er Jahren war der *Datenschutz* Gegenstand heftiger gesellschaftlicher Auseinandersetzungen. Visionen von der Informationsgesellschaft haben Gegenvisionen, beispielsweise vom totalitären Überwachungsstaat, hervorgerufen (es sei hier nur an George Orwells Buch „1984“ erinnert). Diese Diskussionen haben sich bis heute fortgesetzt. Sie erreichen immer dann Höhepunkte, wenn ein besonders „kritischer“ IT-Einsatz bekannt wird oder durch Gesetz ermöglicht werden soll.

B Internationales Aufsehen erregten 2013 die globale NSA-Überwachungs- und Spionageaffäre und 2018 die Aufdeckung der missbräuchlichen Auswertung der Daten von bis zu 87 Millionen *Facebook*-Nutzern durch *Cambridge Analytica*. Die Datenanalysefirma erstellte daraus psychografische Profile, die als Basis zur gezielten Wählerbeeinflussung für Donald Trump im US-Präsidentenwahlkampf 2016 verwendet wurden. Zuvor war schon bekannt geworden, dass russische Agenten *Facebook* in großem Stil mit demselben Ziel der Wählerbeeinflussung durch Diffamierung von Hillary Clinton und Förderung von Donald Trump benutzt hatten.

! Als **Datenschutz** (engl.: data privacy; protection of data privacy) bezeichnet man die Gesamtheit der gesetzlichen Regelungen und betrieblichen Maßnahmen zum Schutz der informationellen Selbstbestimmung von Personen und zur Sicherheit des Informationshaushalts. **Datensicherheit** (engl.: data security) beinhaltet die Verhinderung von Datenverlust, Datendiebstahl und Datenverfälschung. Durch vorbeugende Maßnahmen soll die jederzeitige Vollständigkeit und Korrektheit der Daten gewährleistet werden.

B Zum *Beispiel* sind in modernen Autos in vielen Komponenten Speicher eingebaut. Die darin automatisch beim Betrieb abgelegten Daten können von den *Automobilherstellern* für die Wartung, die Weiterentwicklung der Fahrzeuge und das Marketing verwendet werden. Zu den gesammelten Daten gehören die Geschwindigkeit, Drehzahlen des Motors, Länge der gefahrenen Strecken, Bremsmanöver, Ziele des Navigationsgeräts, gehörte Musik sowie

sämtliche Information, die auf einem gekoppelten Smartphone gespeichert ist. Bis vor wenigen Jahren hat das kaum ein Autobesitzer gewusst; gefragt, ob er damit einverstanden ist, wurde er schon gar nicht. Erst 2016 wurde in einer gemeinsamen Erklärung des deutschen Branchenverbands VDA und der Datenschutzbehörden von Bund und Ländern festgehalten, dass alle Daten, die in einem Auto anfallen, als personenbezogen gelten, wenn sie mit der Fahrzeugidentifikationsnummer oder dem KFZ-Kennzeichen verknüpft sind. Damit unterliegen sie den Datenschutzgesetzen. Der Halter darf jederzeit beim Hersteller kostenlos Auskunft verlangen, welche Daten über ihn gespeichert sind. Durch standardisierte Symbole im Cockpit soll der aktuelle Vernetzungsstatus des Fahrzeugs angezeigt werden. Dieser Status soll jederzeit an- und ausschaltbar sein. Die Benutzer müssen die von ihnen selbst eingegebenen Daten, beispielsweise für Navigation oder Telefonkontakte, jederzeit ändern und löschen können.

Wie eingangs erwähnt, behandeln wir in Kapitel 9 im Detail die Ziele und Maßnahmen, um beim Einsatz von betrieblichen Informationssystemen den Datenschutz und eine möglichst hohe Informationssicherheit zu gewährleisten. Zur Informationssicherheit gehören neben der Datensicherheit die Sicherheit der Identität der Benutzer (Identitätssicherheit) und die Sicherheit der Interaktion (Kommunikationssicherheit).

Die Einhaltung von rechtlichen Rahmenbedingungen soll durch *Compliance* (engl.; deutsch: Befolgung, Einhaltung, Erfüllung) sichergestellt werden. Durch entsprechende planerische und organisatorische Maßnahmen sollen bereits im Vorfeld Gesetzesverstöße durch den Betrieb als Ganzes oder einzelne Mitarbeiter verhindert werden. IT-Compliance bezieht sich auf den IT-Bereich.

IT-Compliance bezweckt die Einhaltung von gesetzlichen und vertraglichen Regelungen, von Richtlinien sowie von Berechtigungskonzepten im IT-Bereich. Das geschieht durch die Dokumentation und Kommunikation der Bestimmungen an die verantwortlichen Mitarbeiter, die Analyse, Bewertung und Begrenzung möglicher Risiken (Personal, Hardware, Software) und die Kontrolle der Einhaltung von Richtlinien und Regelungen. Diese Maßnahmen sind kontinuierlich durchzuführen.



Für das Compliance-Management gibt es internationale Richtlinien, Vorgehensmodelle (Checklisten, Leitfäden) und Softwarewerkzeuge.

2.2 Veränderung von Geschäftsmodellen

Die durch die Wechselwirkungen zwischen Informationstechnik und Gesellschaft ausgelösten Veränderungen sind eine Herausforderung für Betriebe. Allerdings sind Betriebe nicht nur passive Beobachter solcher Entwicklungen, sondern treiben sie auch aktiv voran. Die Auswirkungen der genannten Verän-

derungen lassen sich gut daran erkennen, wie sich bestehende Geschäftsmodelle verändern und wie neue Geschäftsmodelle entstehen.

2.2.1 Geschäftsmodelle



Ein **Geschäftsmodell** (engl.: business model) beschreibt die Geschäftstätigkeit eines Unternehmens oder eines Unternehmenszweigs aus der Sicht der Wertschöpfung, der Kosten und der Erlöse. Das Geschäftsmodell kennzeichnet die Geschäftsidee und die Wertschöpfungsziele (engl.: value proposition), das Konzept, wie die Wertschöpfung zu erzielen ist (das Leistungsmodell) und das Ertragsmodell, das die eingesetzten Ressourcen und die geplanten Einnahmequellen gegenüberstellt (engl.: cost and revenue streams). Das Geschäftsmodell sollte möglichst ein Alleinstellungsmerkmal für die geplante Wertschöpfung (engl.: unique selling proposition, Abkürzung: USP) besitzen oder die gleichen Leistungen wie die Konkurrenz nachweislich kostengünstiger erbringen können.



Viele neue Geschäftsmodelle bauen auf IT-Konzepten auf. Ein erfolgreiches Beispiel dafür ist der Internet-Versandhändler *Amazon.com*. Das bei der Gründung im Jahr 1994 auf Bücher beschränkte Sortiment wurde durch neue Produkte aller Art zum Versand und Download laufend ausgeweitet. Im Geschäftsjahr 2017 wurden mit 560.000 Mitarbeitern weltweit 178 Milliarden US-Dollar Umsatz (plus 33 Prozent gegenüber dem Vorjahr) und 3 Milliarden US-Dollar Gewinn (nach Steuern) erzielt. Amazon hat sich bisher beim Warenversand mit sehr niedrigen Margen begnügt und hat alles in das Wachstum – vor allem in neue, zukunftsstrahlende Produkte und Geschäftsfelder – investiert. Beim Online-Versand ist es die Vision von Amazon.com, die größte Auswahl von Gütern (Waren und Dienstleistungen) auf der Welt anzubieten („Build a place where people can find, discover, and buy anything they want to buy online“) und bei den Geschäftsprozessen den Kunden in den Mittelpunkt zu stellen („Start with the customer and work backwards“). Oberstes Ziel von Amazon.com ist die Umsatzmaximierung. Die konkreten Umsatz- und Gewinnziele werden am Beginn eines jeden Geschäftsjahrs veröffentlicht. Aus den Oberzielen werden Sachziele und Formalziele abgeleitet.

Die Gestaltung von Geschäftsmodellen ist ein wichtiges Instrument, um die Unternehmensstrategie zu konkretisieren und die Ausrichtung der Geschäftsprozesse zu überprüfen. Das Geschäftsmodell bildet somit auch den Rahmen für das Angebot von Produkten oder Diensten eines Unternehmens. Um Geschäftsmodelle zu beschreiben und zu analysieren, wurden verschiedene Darstellungsformen entwickelt. Eine der wichtigsten ist die *Business-Model-Canvas*.



Die **Business-Model-Canvas** (unübliche Übersetzung: Geschäftsmodellleinwand) beschreibt das Geschäftsmodell eines Unternehmens auf grafische Weise. Dabei werden neun Elemente dargestellt: die Geschäftspartner, die Geschäftsaktivitäten, die Ressourcen, die Wertschöpfungsziele, die Kundenbeziehungen, die Distributionskanäle, die Kundensegmente sowie die Kosten und Einnahmequellen.

Abb. 2.5 zeigt das Geschäftsmodell der Versandhandelssparte von *Amazon.com* in der Darstellungsform einer Business-Model-Canvas. Weitere hier nicht betrachtete Geschäftsfelder sind der stationäre Handel (zum Beispiel *Whole Foods*, *Amazon Go*), Lieferdienste, ein Verlag und der hoch profitable Cloud-Dienst AWS. Amazon verfolgt im Online-Versand die Wertschöpfungsziele, möglichst bequem und günstig eine sehr große Auswahl an Gütern mit schneller Lieferzeit für Kunden bereitzustellen. Mithilfe des Internets soll ein globaler Konsumentenmarkt angesprochen werden. Bei den Vermarktungs- und Produktionsaktivitäten helfen Partner und die unternehmenseigenen Ressourcen. Auf diese Weise sollen eine niedrige Kostenstruktur und Skaleneffekte erreicht werden. Die IT-Infrastruktur ist dabei ein wichtiger Kostenbaustein, in den strategisch investiert wird. Die wichtigsten Erträge werden aus dem Verkauf von physischen Produkten wie beispielsweise Büchern und Tonträgern sowie den digitalen Pendants, Abonnementgebühren für Musik und Filme, Kommissionen der Vertriebspartner (Marketplace) und der Mitgliedsgebühr für den Premium-Service *Prime* erzielt. *Prime*-Vorteile sind der kostenfreie Schnellversand, Rabattaktionen, unbegrenztes Streaming von Musik, Filmen und Videoserien sowie die Gratisausleihe von elektronischen Büchern und Zeitschriften.

Geschäftsmodell der Versandhandelssparte von Amazon.com				
Partner: • Logistik-partner • Vertriebs-partner • Lieferanten • Verlags-häuser	Aktivitäten: • Vermarktung • Produktion	Wertschöpfungsziele: • Bequem • Günstig • Große Auswahl • Schnelle Lieferung	Kundenbeziehung: • Selbstbedienung über das Internet • Automatische Dienste	Kundensegmente: • Globaler Markt für Konsumgüter
	Ressourcen: • Lagerhäuser • IT-Mitarbeiter		Distributionskanäle: • Online-Versand • Vertriebspartner	
Kostenstruktur: • IT-Infrastruktur • Niedrige Kosten • Erzielung von Skaleneffekten			Ertragsstruktur: • Verkaufserlöse für Waren aller Art • Abonnements, zum Beispiel für Musik und Filme • Kommissionen von Vertriebspartnern • Teilnahmegebühr für Prime	

Abb. 2.5: Business-Model-Canvas für das Geschäftsmodell der Versandhandelssparte von Amazon

2.2.2 Informationstechnik und Geschäftsmodelle

Informationstechnik und Geschäftsmodelle hängen miteinander zusammen. Zum einen stellt die Informationstechnik eine befähigende Technik dar. Das heißt, dass neue IT-Konzepte spezifische Geschäftsmodelle erst ermöglichen. Zum anderen stellt die IT-Branche einen eigenen Wirtschaftszweig dar, der die Informationstechnik bereitstellt. Aus deren Sicht sind neue IT-Konzepte als neue Produkte und Dienstleistungen zu verstehen.

Eine Vielzahl von Geschäftsmodellen, die durch IT ermöglicht werden, stellt *Rappa* (2004) in einer Taxonomie zusammen. Diese beschreibt neun verschiedene *Geschäftsmodelltypen hinsichtlich der Erlöse*:

- Vermittlermodell (engl.: brokerage model): Erlöse durch Vermittlungsbühren, wie beispielsweise *Amazon Marketplace* als elektronischer Marktplatz oder *eBay* als elektronisches Auktionshaus.
- Werbemodell (engl.: advertising model): Erlöse durch Werbung, wie beispielsweise die Suchmaschine *Google*, bei der man Werbeeinträge schalten kann.
- Informationsvermittlermodell (engl.: infomediary model): Erlöse durch den Handel mit Daten, wie beispielsweise Marktforschungsunternehmen oder *Flightradar24*, welcher Echtzeitinformation über Flugzeugpositionsdaten bereitstellt.
- Händlermodell (engl.: merchant model): Erlöse durch den Handel mit Waren, wie beispielsweise *Zalando* als Einzelhändler, der ausschließlich über das Internet vertreibt.
- Direktvertriebsmodell (engl.: manufacturer direct model): Erlöse durch Produktion und Verkauf direkt an die Endkunden, wie beispielsweise der Computerhersteller *Dell* (früher ausschließlich Direktvertrieb, seit 2007 auch indirekter Vertrieb über den Einzelhandel) und andere Computerhersteller wie *HP*, die zusätzlich zum früher vorwiegenden Vertrieb über den Fachhandel inzwischen auch direkt über eigene Läden und den eigenen Online-Shop anbieten.
- Vertriebspartnermodell (engl.: affiliate model): Erlöse durch Umsatzbeteiligung, wie beispielsweise von gewerblichen und privaten Verkäufern, die *Amazon Marketplace* als Vertriebsplattform nutzen.
- Netzwerkeffektmodell (engl.: community model): Erlöse durch die Möglichkeit der Erstellung von nutzergenerierten Inhalten (engl.: user generated content), etwa über Werbung. Ein Beispiel ist die Plattform *XING*, welche die Pflege von Geschäftskontakten unterstützt.
- Mitgliedschaftsmodell (engl.: subscription model): Erlöse aus periodisch eingehobenen Teilnehmergebühren, wie beispielsweise von Immobilien-

maklern bei *ImmobilienScout 24* oder von Nutzern des *Spotify*-Musikstreaming-Diensts.

- Versorgermodell (engl.: utility model): Erlöse werden proportional zur Nutzung eines Diensts verrechnet, ähnlich wie bei öffentlichen Versorgern (Wasserrechnung). Ein Beispiel ist die verbrauchsorientierte Abrechnung der Nutzung von Cloud-Diensten (engl.: on demand) beispielsweise bei *AWS*, *Google Cloud* oder *Microsoft Azure*.

Diese Taxonomie beschreibt Typen von Geschäftsmodellen, die oft in Kombination miteinander eingesetzt werden. *Amazon* nutzt beispielsweise mehrere dieser Modelle in unterschiedlichen Geschäftssparten.

Neben der Klassifikation nach Erlösmodellen kann man in der IT-Branche *Geschäftsmodelle nach der Art der angebotenen Dienste* unterscheiden. Diese sind unter anderem:

- Anbieter von *Netzwerkdiensten* (engl.: network service provider) wie beispielsweise dem *Internet-Zugang* (engl.: Internet access provider),
- Anbieter von *höherwertigen Kommunikationsdiensten* (engl.: communication service provider), wie zum Beispiel Telefon-, E-Mail-, Chat- und Video-Konferenzdiensten,
- Anbieter von *IT-bezogenen Dienstleistungen* (engl.: IT services), wie beispielsweise Unternehmensberatung oder Angebote von Systemhäusern,
- Anbieter von *Software* (engl.: software), wie beispielsweise Anbieter von Bürosoftware oder von Software zur Unterstützung betriebswirtschaftlicher Leistungsprozesse,
- Anbieter von *Hardware* (engl.: hardware), wie beispielsweise Rechnern, Bildschirmen oder Druckern.

In den frühen Jahren der kommerziellen Nutzung des Internets wurde oft eine klare Unterscheidung zwischen solchen Unternehmen gemacht, die das Internet als Teil ihres Geschäftsmodells begreifen und solchen, die ihr Geschäft ohne das Internet betreiben. Heutzutage nutzen fast sämtliche Unternehmen das Internet und es ist eher die Frage, in welchem Ausmaß sie es tun. Dadurch, dass die Informationstechnik verschiedenste Geschäftstätigkeiten derart durchdrungen hat, hat die Nachfrage nach Wirtschaftsinformatikern enorm zugenommen.

2.3 Tätigkeitsfelder von Wirtschaftsinformatikern

Die Veränderungen des betrieblichen Umfelds und von Geschäftsmodellen schlagen sich auch in veränderten Tätigkeitsfeldern für Wirtschaftsinformatiker nieder. Wir beschreiben in der Folge zunächst die Arbeitsmarktsituation für Wirtschaftsinformatiker und gehen danach auf die IT-Organisation und die einzelnen Berufsbilder ein.

2.3.1 IT-Arbeitsmarkt

In keinem anderen Wirtschaftszweig sind ähnlich viele neue Stellen wie in der *IT-Branche* entstanden. Durch die Verdrängung älterer Technologien (beispielsweise von Großrechnern zu Minirechnern, dann zu PCs und Smartphones), durch Marktsättigungstendenzen und Konjunkturschwächen kam es zwar phasenweise auch hier zu Entlassungen; unter dem Strich steht in der IT-Branche jedoch ein deutliches Plus.

In *Deutschland* waren im Jahr 2017 in der IT-Branche rund 1,077 Millionen Personen tätig. Damit ist die Informationswirtschaft die größte Branche in Deutschland. Hinzu kommen ungefähr 500.000 IT-Fachkräfte, die in Anwenderbranchen arbeiten.

Die *Karrierperspektiven für IT-Berufe* sind hervorragend. Die Nachfrage nach IT-Fachleuten bewegt sich laut Bundesagentur für Arbeit „auf Höchstniveau“. Von September 2016 bis August 2017 wurden in Deutschland knapp 428.000 Stellen für IT-Fachkräfte ausgeschrieben, das sind 20 Prozent mehr als im gleichen Zeitraum ein Jahr vorher (Quelle: Adekko). Seit 2011 wurden in Deutschland jährlich im Durchschnitt 20.000 Stellen für IT-Fachkräfte neu geschaffen. 2017 blieben über 50.000 offene Stellen unbesetzt, davon 40 Prozent in der IT-Branche und 60 Prozent bei Anwenderunternehmen. Für 2018 rechnet der Branchenverband *Bitkom* mit einer Zunahme von 42.000 Stellen in der Branche, demnach werden Ende 2018 1.134.000 Menschen im deutschen IT-Sektor beschäftigt sein. Am häufigsten werden Softwareentwickler gesucht, vor allem für die Bereiche (in absteigender Reihenfolge) Big Data, Cloud-Computing, Apps und mobile Webseiten, Industrie 4.0, betriebswirtschaftliche Anwendungen, soziale Medien, IT-Projektmanagement, Webpräsenzen und Sicherheit. Eine hohe Nachfrage gibt es auch nach IT-Beratern. Mit Abstand folgen offene Stellen für Anwendungsbetreuer/Systemadministratoren und IT-Vertriebsbeauftragte (Quelle: Bitkom).

In der *EU* waren 2016 rund 8,2 Millionen IT-Fachkräfte tätig, was 3,7 Prozent der arbeitenden Bevölkerung entspricht. Fast 80 Prozent davon waren Männer;

die Kluft zwischen Männern und Frauen hat sich in den letzten Jahren etwas ausgeweitet. Als Hauptgrund werden die sich hartnäckig haltenden, unbewussten Vorurteile über Geschlechterrollen und den Einsatz der Technik vermutet. Von 2011 bis 2016 hat sich die Zahl der IT-Fachkräfte in der EU um 1,8 Millionen erhöht. Über 40 Prozent der Firmen hatten Schwierigkeiten, offene Stellen zu besetzen (Quelle: Eurostat).

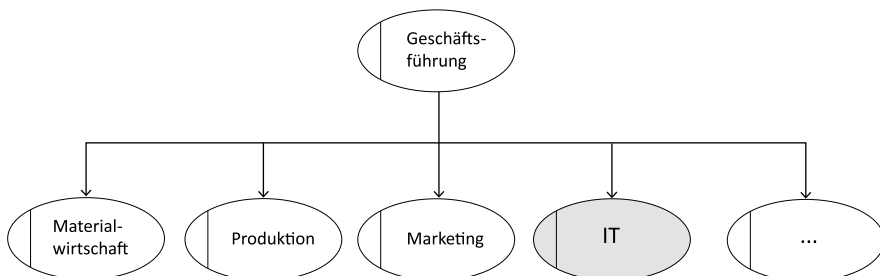
Die meisten *mittel- und langfristigen Prognosen* beurteilen die Stellenentwicklung und damit die Berufschancen im IT-Bereich *sehr positiv*. In der 2016 von der EU-Kommission herausgegebenen Studie „New Skills Agenda for Europe“ wird bis 2020 ein Mangel von rund 750.000 IT-Arbeitskräften prognostiziert. Auch die Mehrheit der in Deutschland befragten IT-Unternehmen geht davon aus, dass sich in Zukunft der Fachkräftemangel verschärfen wird. IT-Kompetenz wird nach ihrer Meinung in allen Branchen zur Kernkompetenz und sollte zum Schwerpunkt in der Aus- und Weiterbildung gemacht werden (Quelle: Bitkom, 2017).

2.3.2 IT-Organisation

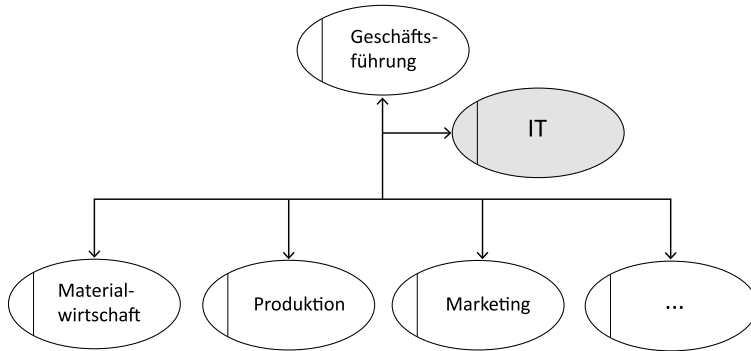
Für die Durchsetzung betriebsweiter Konzepte, Standards und übergeordneter Prioritäten bei der Entwicklung und dem Betrieb von Informationssystemen ist es wesentlich, dass der IT-Leiter (engl.: chief information officer, abgekürzt: CIO) möglichst hoch in der Organisationshierarchie eingeordnet ist. Besteht die Geschäftsführung aus mehreren Personen (wie beispielsweise der Vorstand einer Aktiengesellschaft), so sollte der IT-Leiter diesem Kollegialorgan angehören.

Einordnung des IT-Bereichs in die betriebliche Aufbauorganisation

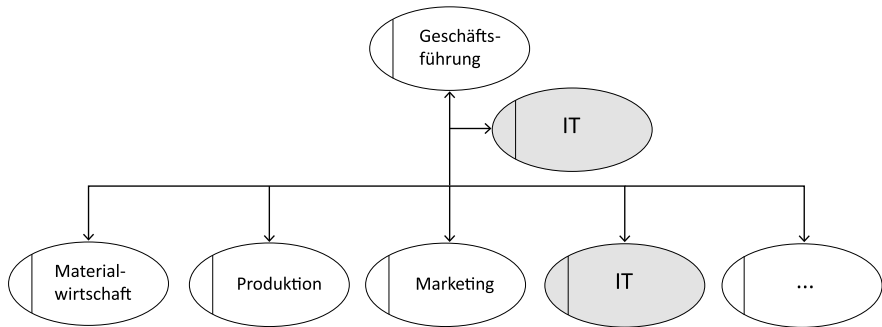
Für die Einordnung des IT-Bereichs beziehungsweise der IT-Abteilung in die betriebliche Aufbauorganisation sind viele verschiedene Alternativen möglich. In Abb. 2.6 zeigen wir vier grundsätzliche Möglichkeiten:



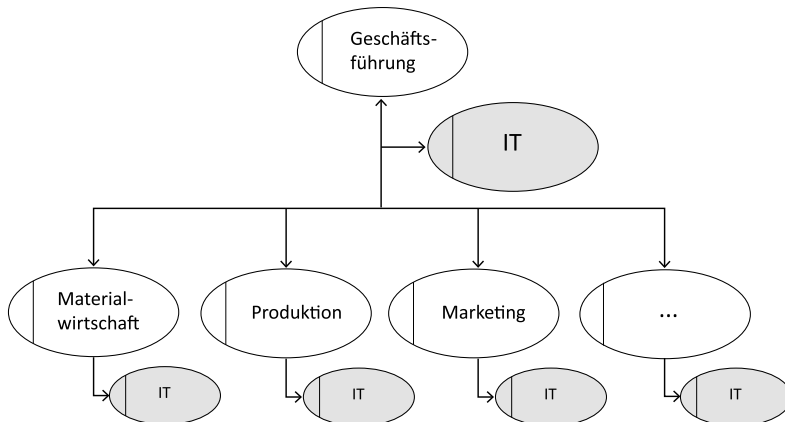
a) IT als eigener Fachbereich



b) IT als zentraler Stab



c) IT als zentraler Stab und eigener Fachbereich



d) IT als zentraler Stab und dezentrale IT-Organisationseinheiten in den Fachbereichen

Abb. 2.6: Organisationsformen des IT-Bereichs

Bei der ersten Möglichkeit (a) ist der IT-Bereich eine eigenständige Hauptabteilung oder Fachbereich, dessen Leiter gleichberechtigt mit den anderen Leitern anderer Fachbereiche wie Materialwirtschaft, Produktion, Marketing, Verwaltung usw. agiert. Bei der zweiten Möglichkeit (b) ist die IT-Organisationseinheit eine zentrale Stabsabteilung, die die Geschäftsführung berät, aber keine oder allenfalls fachliche Weisungsbefugnisse gegenüber den anderen Fachbereichen besitzt. Die dritte Möglichkeit (c) ist eine Kombination von (a) und (b): Der CIO leitet den zentralen Stab, der sich beispielsweise mit Fragen der IS-Strategie und -Governance, IT-Architektur, Outsourcing, Lieferanten- und Servicemanagement befasst. In einem eigenständigen IT-Fachbereich finden die Entwicklung und der Betrieb von Informationssystemen für die anderen Fachbereiche statt, wodurch man sich gegenüber zentralen Lösungen weniger Bürokratie und eine bessere Einstellung auf die Bedürfnisse vor Ort verspricht. Bei der vierten Möglichkeit (d) sind in die Fachbereiche eigene IT-Organisationseinheiten integriert, die den jeweiligen Fachbereichsleitern unterstehen und die von einem zentralen IT-Stab beraten und koordiniert werden. Eine völlig dezentralisierte IT-Organisationsform ohne zentrale Koordination ist wegen der Gefahr von Doppelgleisigkeiten, Wildwuchs bei der IS-Entwicklung und den damit verbundenen hohen Kosten im Allgemeinen nicht sinnvoll. Auf die Untergliederung der IT-Abteilung kommen wir in Kapitel 8 zurück.

Welche Organisationsform im Einzelfall am besten ist, hängt maßgeblich von der Betriebsgröße, den Zielen des Betriebs, seinen Mitarbeitern und Kunden sowie von Art und Umfang der jeweiligen Aufgaben ab. In *großen Unternehmen und Behörden* sind oft mehrere Hundert Mitarbeiter in der IT-Sparte beschäftigt, die entweder in der Form eines Costcenters oder in der Form eines Profitcenters geführt wird.

IT-Costcenter versus IT-Profitcenter

Ein **Costcenter** (engl.: cost center) ist eine eigenständige Organisationseinheit in einem großen Betrieb, die Leistungen für andere interne Abteilungen anbietet (üblicherweise kein Marktzugang) und für die es eine gesonderte Planung, Erfassung und Kontrolle der Kosten gibt (Abrechnungsbezirk).



Der Leiter eines Costcenters hat für seinen Bereich im Rahmen des vorgegebenen Budgets die Kostenverantwortung, das heißt, er kann über den Einsatz der Produktionsfaktoren und damit über die Verteilung der direkt zurechenbaren Kosten (relativ) frei bestimmen. Ziele sind Kostentransparenz und Kostenminimierung.



Ein **Profitcenter** (engl.: profit center) ist eine eigenständige Organisationseinheit in einem großen Betrieb, deren Leiter nicht nur die Kostenverantwortung trägt, sondern der auch für den Erfolg seiner Einheit verantwortlich ist (operative Gewinnverantwortung). Die Dienstleistungen werden den anderen Abteilungen zu internen Verrechnungspreisen angeboten.

Ein Profitcenter agiert wie ein selbstständiges Unternehmen, es wird jedoch keine gesellschaftsrechtliche Trennung vorgenommen. Durch Steigerung der Effizienz und Flexibilität sowie verbesserte, marktgerechte Leistungen wird die Erzielung von Umsätzen und Gewinnen angestrebt. Profitcenter gibt es im innerbetrieblichen Bereich und auf dem externen Markt.

Die Gefahr bei einem IT-Costcenter ist, dass die Gestaltung von Informationssystemen hauptsächlich unter Kostengesichtspunkten und damit als Belastung für das Geschäft gesehen wird, und weniger als Katalysator, der dem Betrieb neue Aktionsräume ermöglicht. Oft entfallen in der Praxis 70–80 % der IT-Kosten auf die Wartung von Informationssystemen und die Infrastruktur, wodurch nur wenig Spielraum für die Entwicklung neuer Anwendungen bleibt. Das ist ein wesentlicher Grund für die starke Verbreitung von Outsourcing, insbesondere des Cloud-Computings, weil auf diese Weise die Kosten der Wartung und des Betriebs von Informationssystemen vielfach besser kontrolliert und gesenkt werden können. Dadurch werden Mittel für innovative Lösungen frei, die dem Betrieb Kosteneinsparungen und Wettbewerbsvorteile bringen und neue Märkte erschließen.

Als wesentlicher *Vorteil eines IT-Profitcenters* gegenüber einem IT-Costcenter gilt die stärkere Ausrichtung der Informationssystementwicklung und des Informationssystembetriebs an den gesamtbetrieblichen Zielen, den kritischen Erfolgsfaktoren und den Bedürfnissen der Geschäftsbereiche beziehungsweise Kunden. Die IS-Strategie wird enger an die Geschäftsstrategie gekoppelt (Näheres in Kapitel 8). Die Rolle eines IT-Profitcenters ist eher die eines aktiven Beraters und Kooperationspartners und weniger die eines auf Probleme und Anfragen reagierenden Auftragnehmers. Als weiterer Vorteil wird die positive Motivation der selbstständig tätigen Profitcenter-Manager genannt. In der Praxis ist die Erfolgsermittlung für IT-Profitcenter schwierig, weil bei der Entwicklung und dem Betrieb von Informationssystemen eine starke Leistungsverflechtung mit den Geschäftsbereichen beziehungsweise Kunden gegeben ist. Eine Gefahr ist die strategische Verselbstständigung, bei der zunehmend attraktive externe Kunden mit innovativen Anwendungen im Fokus stehen und die Mühsal der Weiterentwicklung und Wartung von internen, oft überalterten Informationssystemen vernachlässigt wird.

Von einem Profitcenter zur Ausgliederung in ein rechtlich selbstständiges Tochterunternehmen ist es nur noch ein kleiner Schritt. Mögliche Gründe für die

rechtliche Verselbstständigung sind das Wachstum des IT-Bereichs, die erhoffte Gewinnung neuer Kunden (zum Beispiel derselben Branche), die Trennung der Verantwortung, die Isolierung von Risiken, die Erhöhung der Flexibilität oder die Vorbereitung der Veräußerung des IT-Bereichs.

Einfluss der Betriebsgröße

Große IT-Organisationen bieten den Mitarbeitern eine Vielfalt an spezialisierten Arbeitsplätzen und gute Aufstiegschancen. Üblicherweise entsprechen dort auch die zum Einsatz kommenden Konzepte, Methoden und Werkzeuge dem aktuellen Stand der Informationstechnik. Durch weit reichendes Outsourcing der IS-Entwicklungs- und -Betriebsaufgaben kann jedoch auch in großen Konzernen die Zahl der IT-Stellen drastisch reduziert werden. Die vorherrschende Organisationsform entspricht dann der oben gekennzeichneten Alternative (b) IT als eigene Stabsabteilung.

In *mittelständischen Betrieben* verfügen knapp zwei Drittel über eine eigene IT-Abteilung, wobei dies je nach Größenklasse stark variiert. Über 90 Prozent der Betriebe mit weniger als 20 Beschäftigten haben kein eigenes IT-Personal, ab 200 Mitarbeitern kommt jedoch kaum ein Betrieb ohne eigene IT-Mitarbeiter aus. Fast alle mittelständischen Betriebe nehmen die Hilfe von externen IT-Dienstleistern in Anspruch – mehrheitlich handelt es sich dabei um feste Kooperationen mit einem vertrauten Partner (Quelle: Techconsult 2015).

2.3.3 IT-Berufsbilder

In der IT-Organisation sind Mitarbeiter tätig, deren Qualifikationen verschiedenen Berufsbildern entsprechen. Bei den *Berufsbildern der Wirtschaftsinformatik* wird zwischen Kernberufen, Mischberufen und Randberufen unterschieden.

In den *Wirtschaftsinformatik-Kernberufen* ist die Beschäftigung mit betrieblichen Informationssystemen das Hauptaufgabengebiet. Es handelt sich hierbei um IT-Fachkräfte mit wirtschaftswissenschaftlichem Grundwissen. Diese Berufe sind typischerweise in den IT-Abteilungen von Anwendern oder bei IT-Anbietern (Hardware, Software, Beratung) angesiedelt. Für diese Gruppe von Berufen sind umfangreiche IT-Kenntnisse notwendig. Es empfiehlt sich für diese Berufe ein Masterstudium der Wirtschaftsinformatik (oder Abschlüsse mit englischsprachigen Bezeichnungen wie beispielsweise „Information Systems“, „Business Informatics“ oder „Management Information Systems“).

Bei den *Wirtschaftsinformatik-Mischberufen* weisen betriebliche Fachaufgaben und IT-Aufgaben ein ähnliches Gewicht auf. Entsprechende Mitarbeiter

sind in der Lage, fachspezifisch Informationssysteme zu konfigurieren und anzupassen, gelten jedoch auch als Fachexperten in einem Anwendungsgebiet. Diese Mitarbeiter sind meist bei IT-Anwendern beschäftigt oder sie arbeiten in Abteilungen für Vertrieb und Beratung von IT-Produkten. Für diese Berufsgruppe eignet sich ein wirtschaftswissenschaftliches Studium mit einem Vertiefungsfach (Spezialisierung) aus Wirtschaftsinformatik.

Unter den *Wirtschaftsinformatik-Randberufen* versteht man fachspezifische Berufe, für die der Umgang mit IT notwendig ist, jedoch dieser Umgang häufig schon von facheinschlägigen Kernstudien mit abgedeckt wird. Die benötigte Abdeckung ist in vielen Studienrichtungen erreichbar.

Nach der Art der Aufgaben bei der Gestaltung von Informationssystemen lassen sich *entwicklungs-, betriebs-, vertriebs- und ausbildungsorientierte Berufe* der im Bereich der Informationsverarbeitung tätigen Mitarbeiter unterscheiden. Eine *starke Differenzierung* einzelner IT-Berufsgruppen ist *nur in Großbetrieben* üblich. Vielfach werden zum Beispiel die Funktionen der IT-Organisation, Systemanalyse und der Informationssystementwicklung von einzelnen Mitarbeitern beziehungsweise Gruppen zusammengefasst verrichtet. *Kleinbetriebe mit weniger als 20 Beschäftigten* haben wie vorstehend erwähnt *nur in Ausnahmefällen eine eigene IT-Abteilung*. Sie nehmen üblicherweise externe IT-Dienstleister in Anspruch. Die Server stehen dort in Fachabteilungen und werden von den Sachbearbeitern nebenbei bedient; eine eigene Informationssystementwicklung gibt es meist nicht.

Nachfolgend werden die *Tätigkeiten der wichtigsten Berufsbilder* näher gekennzeichnet (siehe Tab. 2.3). Die angegebenen *Berufsbezeichnungen* sind die am häufigsten verwendeten; die genannten *Ausbildungsprogramme* sind durch ihre Lehrinhalte für eine berufliche Vorbereitung besonders geeignet. Nicht erwähnt werden die betriebliche Berufsausbildung sowie die Fachschulausbildung, die je nach Spezialisierung Einstiegsqualifikationen für alle angegebenen Tätigkeitsfelder vermitteln können.

Berufsbezeichnung (und Ausbildung)	Tätigkeiten
Leiter Informationssysteme (Synonym: IT-Leiter) (engl.: Chief Information Officer, Abkürzung: CIO) (wirtschaftswissenschaftliches Hochschulstudium mit den Wahlfächern Management und Wirtschaftsinformatik)	Strategische Planung der Informationssysteme und der Systemarchitektur; Abstimmung der IS-Strategie mit der Unternehmensstrategie; Sicherstellung des reibungslosen IS-Betriebs und der Betreuung der IT-Infrastruktur; Koordination der betriebsweiten IT-Beschaffung (Standards); Kooperation mit externen IT-Partnern und IT-Dienstleistern, insbesondere mit Anbietern von Cloud-Services; Untersuchung und Ausarbeitung neuer Informations- und Anwendungstechniken

Berufsbezeichnung (und Ausbildung)	Tätigkeiten
	(Innovationsmanagement); IT-Marketing; strategische Kontrolle aller IT-bezogenen Aktivitäten.
IS-Organisator (engl.: IS organizer) (wirtschaftswissenschaftliches Hochschulstudium mit den Wahlfächern Organisation und Wirtschaftsinformatik)	Planung langfristiger Konzepte für die Entwicklung von Informationssystemen; Abgrenzung von Teillinformationssystemen (Architektur); Koordination von Entwicklungsaktivitäten; Analyse und Beurteilung von Projektplänen; Entwurf und Überwachung von Entwicklungsrichtlinien.
Systemanalytiker (engl.: system analyst) (Synonym: IS-Analytiker) bei Fokussierung auf Geschäftsprozesse auch: Prozessanalytiker (engl.: process analyst) (wirtschaftswissenschaftliches Hochschulstudium mit dem Schwerpunkt Wirtschaftsinformatik)	Ermittlung des Bedarfs an neuen Informationssystemen oder nach Änderungen bestehender Informationssysteme; Analyse des Istzustands bestehender Systeme; Analyse und Beurteilung von Standardanwendungssoftware; ökonomische und technische Rechtfertigung der Vorschläge; Entwurf der Ausgaben, Eingaben, Dateien und Verarbeitungsalgorithmen für neue Systeme; Einführung von Systemen; Systemkontrollen und -anpassungen an Änderungen der Bedingungs-lage.
Anwendungsentwickler (engl.: application developer) (Synonym: Softwareentwickler) (engl.: software developer) (je nach Tätigkeitsfeld: wirtschaftswissenschaftliches oder technisches Hochschulstudium mit Informatik/Wirtschaftsinformatik-Schwerpunkt)	Analyse zu programmierender, vorgegebener anwendungsbezogener Aufgaben; Entwicklung einer programmiertechnischen Lösung mit Leistungsspezifikationen wie Speicherbedarf, Maschinenzeit, Parametervariationen usw.; Programmierung und Test der gewählten Lösung; Dokumentation sämtlicher Erklärungen und Anweisungen, die zum Verständnis und zur Anwendung des Programms notwendig sind; Erprobung und Änderung bereits vorhandener Anwendungsprogramme; Optimierung und Abstimmung von Programmzyklen; Einführung von Anwendungsprogrammen und Überwachung der richtigen Funktionsweise. Verantwortlich für Programmierung und laufende Weiterentwicklung des Systems, Dokumentation, Test und Einführung der gewählten Lösung; Erprobung und Änderung bereits vorhandener Anwendungsprogramme; Leistungsmessung, Überwachung der Funktionsweise und Optimierung des Systems; Integration von Teilsystemen.
DevOps-Ingenieur (engl.: DevOps engineer) (Hochschulstudium der Informatik oder Wirtschaftsinformatik und eine mindestens dreijährige Praxis in der Entwicklung (engl.: <u>development</u>))	Laufende flexible Koordination und Teilnahme an der Planung, der agilen Entwicklung und des Betriebs von Informationssystemen, um Barrieren zwischen Teams in diesen Bereichen zu überwinden, die Prozesse bestmöglich abzustimmen, zu integrieren und zu beschleunigen. Durch die kontinuierliche Weiterentwicklung,

Berufsbezeichnung (und Ausbildung)	Tätigkeiten
und/oder dem Betrieb (engl.: <u>opera-</u> <u>tions</u>) von großen betrieblichen Informationssystemen)	kontinuierliche Tests und die kontinuierliche Auslieferung von Softwareprodukten bzw. von neuen Softwareversionen soll eine rasche, bewegliche Anpassung des Betriebs an wechselnde Bedingungslagen gewährleistet werden. Überwachung der Einhaltung von Standards und Verbesserungsvorschläge für die Leistungsmessung, Leistungssteigerung (engl.: performance management) und Qualitätssicherung. Ständige Kommunikation und enge Zusammenarbeit mit allen Beteiligten und Interessenten (engl.: stakeholder), insbesondere auch mit externen IT-Dienstleistern, beispielsweise bei der Inanspruchnahme von Cloud-Services (Rechenzentren im Internet). Störungserkennung und -behebung (engl.: trouble shooting). Einsatz von Softwarewerkzeugen, um die genannten Tätigkeiten zu unterstützen und möglichst weitgehend zu automatisieren.
Data-Scientist (engl.: data scientist; unübliche deutsche Übersetzung: Daten- wissenschaftler) (Hochschulstudium der Informatik oder Wirtschaftsinformatik, sehr gute Kenntnisse der Mathematik und Statistik, von Statistiksoftware und von Datenbanksystemen)	Extraktion von Wissen durch die Aufbereitung und Analyse von sehr großen, heterogenen Datenbeständen, um daraus Handlungsempfehlungen für das Management abzuleiten. Zur Beschreibung, Diagnose und Vorhersage bisher unbekannter Zusammenhänge, Muster und Trends („Was ist passiert?“ „Warum ist es passiert?“ und „Was wird passieren?“) kommen mathematisch-statistische Methoden und Modelle der Business-Intelligence (beispielsweise Prognoserechnung, Klassifikation, Clustering, Regression, Data-Mining, Text-Mining, Process-Mining), des Operations Research (Optimierung und Simulation) und der Künstlichen Intelligenz (beispielsweise evolutionäre Algorithmen, Verfahren des maschinellen Lernens, Fuzzy-Systeme) zum Einsatz. Zu den Aufgaben gehören die Modellbildung (Modellauswahl, Modellerstellung), die Modellauswertung und die Ergebnisdarstellung (Gestaltung von Berichten und Geschäftsgrafiken, geografische Analysen, Dashboards).
Webdesigner (engl.: web designer) (Spezielles Studium an Kunstuniver- sitäten und Fachhochschulen oder Zusatzausbildung, insbesondere empfehlenswert für Grafiker, Desi- gner, Layouter und Werbefachleute)	Konzipierung, ästhetische Gestaltung und praktische Umsetzung von ansprechenden Internet-Auftritten; Gestaltung von Firmenpräsentationen im Web unter Beachtung ästhetischer und psychologischer Gesichtspunkte; Verantwortung für barrierefreien Zugang.

Berufsbezeichnung (und Ausbildung)	Tätigkeiten
Systemprogrammierer (engl.: system programmer) (Hochschulstudium der Informatik oder Hochschulstudium der Mathematik, Physik, Elektrotechnik o.ä. mit Zusatzausbildung bei IT-Herstellern)	Auswahl, Entwicklung, Programmierung und Test von anwendungsneutralen System-, Datenbankverwaltungs- und Kommunikationsprogrammen; Entwurf von Programmier- und Anwendungsrichtlinien für diese; Dokumentation entwickelter Systeme; Beratung und Unterstützung von Anwendungsentwicklern bezüglich Skalierbarkeit; Weiterentwicklung und Einführung von Betriebssystemen, Datenbank- und Kommunikationssystemen; Planung des Speicherbedarfs und der Konfiguration von Servern und Endbenutzerrechnern; Überwachung der Funktionsweise von Hardware und Software sowie Leistungsoptimierung.
Netzwerk- und Systemadministrator (engl.: network and system administrator) (Hochschulstudium der Informatik oder Hochschulstudium der Mathematik, Physik, Elektrotechnik o.ä. mit Zusatzausbildung bei IT-Herstellern)	Planung, Installation und Verwaltung der Systemumgebung der eingesetzten Rechnernetze; insbesondere Netzwerkeinrichtung und -anpassung durch Einbau von Kopplungseinheiten, Auswahl von Protokollen, Einrichten von Servern, Verwaltung von zentralen Massenspeichern und über Netzwerke bereitgestellter Speicherkapazität (NAS, SAN) sowie von Druckern, Identitätsmanagement und Rechteverwaltung; Gewährleistung der Sicherheit im Netzwerk und des störungsfreien Betriebs durch unterbrechungsfreie Stromversorgung, Datensicherung, Zugriffskontrollmechanismen, Ereignisprotokolle, Netzwerkmonitore und Serverüberwachung, Einsatz von Softwaresystemen zum Schutz von Rechnern und internen Netzen, Prävention, Identifikation und Beseitigung von Einbrüchen und Schadsoftware.
Benutzerbetreuer (engl.: user support consultant) (Fundierte PC- und Smartphone-Kenntnisse, Kommunikationsfähigkeit, Einschulung im jeweiligen Benutzerservice)	Unterstützung der Endbenutzer bei der Bewältigung von Problemen im Zusammenhang mit der Nutzung der Informationsverarbeitung durch eine zentrale Anlaufstelle (Hotline, Help-Desk); insbesondere Annahme und Erfassung von Problemmeldungen; unmittelbare Lösung von Trivialproblemen am Telefon, durch E-Mail, Chat oder kurzfristig am Benutzerarbeitsplatz; Weitergabe komplexer Probleme an IT-Spezialisten; Problemdokumentation und -berichte; Benutzerinformation über eingeleitete Maßnahmen beziehungsweise den Stand der Problembearbeitung.
IT-Verkäufer (engl.: IT salesman) (Synonym: Vertriebsbeauftragter) (wirtschaftswissenschaftliches Hochschulstudium mit dem	Erschließung, Ausschöpfung und Sicherung von IT-Teilmärkten; insbesondere Akquisition inklusive Information und Beratung bezüglich Hardware, Software und Dienstleistungen, Ausarbeitung von Problemlösungen und Angeboten und deren Präsentation; Koordination

Berufsbezeichnung (und Ausbildung)	Tätigkeiten
Schwerpunkt Wirtschafts- informatik)	und Überwachung der Vertragsverpflichtungen inklusive Installationsvorbereitung, Auswahl von Schulungsteilnehmern und Ausbildungsplanung, Termin- und Leistungskontrolle; Kundenbetreuung während der Nutzungszeit der vertriebenen Objekte.
IT-Berater (engl.: IT consultant) (wirtschaftswissenschaftliches Hochschulstudium mit dem Schwerpunkt Wirtschafts- informatik)	Unterstützung von Kunden bei der Gestaltung ihrer Informationssysteme; zeitweiliger Ausgleich von Kompetenzdefiziten; Information über den neuesten Stand der Informationstechnik (Markt, Methoden, Werkzeuge usw.); Diagnose von Stärken und Schwächen; neutrale Stellungnahme zu kontroversen Meinungen; Empfehlung von Lösungen, insbesondere von einschneidenden Maßnahmen.
IT-Trainer (engl.: IT trainer) (wirtschaftswissenschaftliches oder mathematisch-technisches Hoch- schulstudium, mehrjährige Tätigkeit in einem IT-Beruf und pädagogische Zusatzausbildung)	Ermittlung des IT-Ausbildungsbedarfs; Aufbereitung der zu lernenden Inhalte nach didaktischen Gesichtspunkten; Erstellung von Stundenplänen und Unterrichtsmaterialien; Durchführung von Lehrveranstaltungen inklusive Kontrolle des Lernerfolgs; Beratung der Kursteilnehmer bei der Lösung gestellter Aufgaben sowie bei der Fehlersuche und Fehlerbereinigung; Beurteilung der Kursteilnehmer; Erstellung eines Weiterbildungskonzepts.

Tab. 2.3: Aufgaben der wichtigsten IT-Berufe

Vorstehend sind nur die Aufgaben der wichtigsten Kernberufe in der Informationsverarbeitung umrissen worden. Wandlungen der Informationstechnik finden in *neuen Berufsbildern* und der *Spezialisierung der vorhandenen Berufe* ihre Ausprägung. *Beispiele* hierfür sind etwa

- *Cloud-Computing-Entwickler*, die Anwendungssysteme für Cloud-Infrastrukturen entwickeln, oder die hochverfügbare Anwendungen für sehr große Datenmengen (engl.: big data) auf Basis von verteilten, meist nicht relationalen Datenbanksystemen (oft als „NoSQL“ bezeichnet) entwickeln,
- *Datenschutz- und Sicherheitsexperten*, die sich um die Einhaltung der Datenschutzgesetze und -richtlinien und um Sicherheitsvorkehrungen kümmern,
- *SAP-Entwickler*, die auf Standardanwendungssoftware von SAP spezialisiert sind, oder
- *Social-Media-Manager*, die – ähnlich wie ein Pressesprecher – für einen Betrieb die Kontakte zu sozialen Medien wahrnehmen, die Beiträge über den Betrieb in sozialen Medien laufend verfolgen und zeitnah eingreifen.

Soziale Netzwerke (engl.: social network) sind virtuelle Gemeinschaften (Treffpunkte im Internet), die Beziehungsgeflechte zwischen Personen und Gruppen abbilden und die Interaktionen der Beteiligten unterstützen (beispielsweise Bekanntschaftsnetzwerke).



Soziale Medien (engl.: social media) sind digitale, bidirektionale Medien zur gemeinschaftlichen Erstellung von Inhalten durch Endbenutzer (engl.: user generated content). Ein Beispiel hierfür ist Wikipedia. Bei sozialen Medien stehen die Inhalte im Vordergrund, bei sozialen Netzwerken die Beziehungen.

Soziale Medien ermöglichen Benutzern ohne technisches Wissen oder Infrastruktur Inhalte zu erstellen (engl.: user generated content) und diese mit einer meist größeren Öffentlichkeit zu teilen (engl.: content sharing). Betriebe können soziale Medien intern und extern nutzen; extern beispielsweise für die Marktbeobachtung, das Sammeln von Ideen und Rückmeldungen zu Produkten und Dienstleistungen, als Marketingkanal und für Finanzierungszwecke (engl.: crowdfunding).

Die wichtigsten Punkte

1. Bei der Entwicklung neuer oder der Weiterentwicklung vorhandener Informationssysteme sollten die möglichen Folgen analysiert und bewertet werden. Dabei sollten auch höher-, neben- oder nachgelagerte gesellschaftliche Systeme sowie zeitverzögerte Wirkungen in die Betrachtung einbezogen werden. Die *IT/IS-Folgenabschätzung* sollte sowohl die erwarteten positiven Wirkungen (Nutzen) als auch die möglichen negativen Wirkungen (Gefahren) umfassen. Die unerwünschten IT/IS-Folgen sollten minimiert oder, wenn möglich, sogar vollständig vermieden werden.
2. Durch den verstärkten IT-Einsatz in allen gesellschaftlichen Bereichen („Digitalisierung“) werden Produktivitätsfortschritte, Wohlstand und Wachstum angestrebt. Der *informationswirtschaftliche Reifegrad* ist ein Indikator für die diesbezüglichen Ausgangsvoraussetzungen. Die *digitale Spaltung* kennzeichnet Unterschiede in der IT-Ausstattung und -Nutzung in einzelnen Staaten und Bevölkerungsgruppen.
3. Die *Informationswirtschaft* ist der weltweit größte Wirtschaftszweig. Informationssysteme unterstützen die *Globalisierung* und das *Outsourcing* in vielen Bereichen. Die IT-Anwender, -Hersteller und -Dienstleister profitieren gleichermaßen von der Erschließung globaler Märkte und der Auslagerung von IT-Aufgaben (beispielsweise Cloud-Computing).
4. Die *Arbeitswelt* hat sich durch die Informationstechnik stark verändert. Die Arbeit ist anspruchsvoller und interessanter geworden, monotone Routinetätigkeiten sind automatisiert worden. Durch die Rationalisierung werden vor allem Stellen mit niedrigen Qualifikationsanforderungen eingespart, durch das IT-Innovationspotenzial werden höherwertige Stellen geschaffen. Es gibt einen starken Trend zu flexiblen Arbeitszeiten und neuen Arbeitsformen (wie beispielsweise Telearbeit), zu mehr Mobilität und der Vernetzung von beruflicher und privater Sphäre.

5. Für das Privatleben und insbesondere die *Freizeitgestaltung* bietet die Informationstechnik eine laufend wachsende Vielfalt von Funktionen zur Entspannung und Unterhaltung, Kommunikation, Haushaltsführung, Bildung, Planung von Reisen, Sport- und Gesundheitsmonitoring bis hin zur Wohnungsüberwachung und Fernsteuerung von Anlagen für Licht und Heizung. Bei der Nutzung über vorwiegend mobile Geräte gibt es starke Altersunterschiede. Vor allem bei Jugendlichen wird befürchtet, dass durch die Abnahme persönlicher Kontakte, das ständige Online-Sein, die Trivialität der in sozialen Netzwerken ausgetauschten Information usw. die Persönlichkeitsentwicklung, insbesondere die soziale Kompetenz, negativ beeinflusst werden könnte.
6. Die Herstellung, der Betrieb und die Entsorgung informationstechnischer Geräte belastet die *Umwelt*. Der Begriff der grünen IT fasst Maßnahmen zusammen, die IT-verursachte Umweltbelastungen reduzieren. Umweltinformationssysteme dienen zur Information über den Zustand der Umwelt, zur Überwachung der Einhaltung von gesetzlichen Vorgaben, zur Analyse der Wirksamkeit von Umweltschutzmaßnahmen und zur Früherkennung und Abwehr ökologischer Gefahren.
7. Informationstechnik ist ein Werkzeug, um in allen möglichen Bereichen die *Sicherheit* zu erhöhen. Andererseits ist sie ein Instrument für Kriminelle, um Straftaten zu begehen – vor allem über das Internet. Mehr als die Hälfte der Unternehmen in Deutschland sind in den vergangenen beiden Jahren Opfer von digitaler Wirtschaftsspionage, Sabotage oder Datendiebstahl geworden. Der Schutz personenbezogener Daten (*Datenschutz*) ist besonders wichtig.
8. Die durch die Wechselwirkungen zwischen Informationstechnik und Gesellschaft ausgelösten Veränderungen verändern Geschäftsmodelle und lassen neue Geschäftsmodelle entstehen.
9. Die Arbeitsmarktproygnosen für IT-Experten sind generell sehr positiv. Es gibt eine große Zahl offener Stellen und es werden laufend neue Stellen geschaffen. *Wirtschaftsinformatiker haben hervorragende Berufsaussichten!*



Übungs- und Lehrmaterialien zu diesem Kapitel finden Sie im Web über den abgebildeten QR-Code. Richten Sie Ihre Smartphone- oder Tablet-Kamera auf das nebenstehende Bild, um zu den Inhalten zu gelangen.

Literatur

- Bitkom (Hrsg.): Marktdaten – ITK-Konjunktur, ITK-Arbeitsmarkt, Konsum- und Nutzungsverhalten, unter <https://www.bitkom.org/Marktdaten/Marktdaten/index.jsp>.
- A. Boes, A. Baukrowitz, T. Kämpf, K. Marrs (Hrsg.): Qualifizieren für eine vernetzte Ökonomie. Vorreiter IT-Branche: Analysen, Erfolgsfaktoren, Best Practices, Springer Gabler, Wiesbaden 2012.

- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Hrsg.): Monitoring-Report Wirtschaft Digital 2017, unter <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/monitoring-report-wirtschaft-digital.html>
- P. Fischer-Stabel (Hrsg.): Umweltinformationssysteme: Grundlegende Konzepte und Anwendungen, 2. Auflage, Wichmann, Berlin 2013.
- Gesellschaft für Informatik, Fachbereich Mensch-Computer-Interaktion: Tagungsbände der seit 2001 jährlich stattfindenden Konferenz „Mensch und Computer“, erhältlich in der Digitalen Bibliothek der Gesellschaft für Informatik unter <https://dl.gi.de/>
- A. Grunwald: Technikfolgenabschätzung, 2. Auflage, Edition Sigma, Berlin 2010.
- S. G. Jánosky, L. Abicht: 2025 – So arbeiten wir in der Zukunft, Goldegg, Berlin 2013.
- K. Jürgens, R. Hoffmann, C. Schildmann: Arbeit transformieren! Denkanstöße der Kommission „Arbeit der Zukunft“, transcript, Bielefeld 2018.
- A. Osterwalder, Y. Pigneur: Business Model Generation: Ein Handbuch für Visionäre, Spielveränderer und Herausforderer, Campus, Frankfurt/M. 2011.
- V. Pohl, H. Kasper, M. Kochanowski, T. Renner: Zukunftsstudie 2027. Wie aktuelle Technologien und Entwicklungen unsere Lebenswelten verändern, Fraunhofer Verlag, Stuttgart 2017.
- M. Rappa: The utility business model and the future of computing services. IBM Systems Journal, 43.1, 2004, S. 32–42.
- H. Rickmann, S. Diefenbach, K. T. Brüning (Hrsg.): IT-Outsourcing: Neue Herausforderungen im Zeitalter von Cloud Computing, Springer Gabler, Berlin 2013.
- S. Spiekermann: Ethical IT Innovation: A Value-Based System Design Approach, CRC Press, Boca Raton, FL 2015.
- VDI (Hrsg.): VDI-Richtlinie 3780 Technikbewertung – Begriffe und Grundlagen, Beuth, Düsseldorf 2000.
- E. Winick: Every study we could find on what automation will do to jobs, in one chart, in: MIT Technology Review (2018), <https://www.technologyreview.com/s/610005/every-study-we-could-find-on-what-automation-will-do-to-jobs-in-one-chart/>
- R. Zarnekow, L. Kolbe: Green IT: Erkenntnisse und Best Practices aus Fallstudien, Springer Gabler, Berlin 2013.

3 Geschäftsprozessmanagement

3.1	Geschäftsprozesse — 92	3.3	Identifikation von Geschäftsprozessen — 105
3.1.1	Bedeutung von Geschäftsprozessen — 92	3.3.1	Prozesse benennen — 105
3.1.2	Sichten auf Geschäftsprozesse — 97	3.3.2	Prozesse bewerten — 107
3.2	Merkmale des Geschäftsprozessmanagements — 99	3.3.3	Prozesse strukturieren — 109
3.2.1	Prinzipien des Geschäftsprozessmanagements — 99	3.4	Gestaltung von Geschäftsprozessen — 111
3.2.2	Lebenszyklus des Geschäftsprozessmanagements — 101	3.4.1	Prozesse erheben — 111
3.2.3	Verantwortlichkeiten im Geschäftsprozessmanagement — 103	3.4.2	Prozesse analysieren — 114
3.2.4	Erfolgsfaktoren des Geschäftsprozessmanagements — 104	3.4.3	Prozesse verbessern — 117
		3.5	Ausführung von Geschäftsprozessen — 120
		3.5.1	Prozesse einführen — 121
		3.5.2	Prozesse überwachen — 124
			Die wichtigsten Punkte — 126
			Literatur — 127

Kapitelübersicht

Dieses Kapitel behandelt die wesentlichen *Grundlagen des Geschäftsprozessmanagements*. Effektiv und effizient organisierte Geschäftsprozesse tragen zu einer wirtschaftlichen Bereitstellung von Produkten und Dienstleistungen bei. Informationssysteme spielen dabei eine bedeutende Rolle. Um Prozesse und Informationssysteme aufeinander abzustimmen, bedarf es einer präzisen Beschreibung der gesamten Prozesslandschaft. Für die konkrete Ausgestaltung gilt es, Prozesse im Detail zu erheben, einer Analyse zuzuführen und Verbesserungsmöglichkeiten zu betrachten. Gleichmaßen sind Methoden der Prozessanalyse mit Methoden der Systementwicklung verwandt und integrierbar.

Lernziele

Ziel dieses Kapitels ist der Erwerb von Kenntnissen über die grundlegenden Konzepte des Geschäftsprozessmanagements. Nach dem Durcharbeiten dieses Kapitels sollten Sie

- die Bedeutung von Geschäftsprozessen für die betriebliche Leistungserstellung beschreiben können,

- die Schritte des Geschäftsprozessmanagements mithilfe eines Lebenszyklusmodells darstellen können,
- das Vorgehen für die Identifikation der wesentlichen Geschäftsprozesse eines Betriebs nachvollziehen können,
- die wichtigsten Schritte bei der Gestaltung von Geschäftsprozessen veranschaulichen können,
- die bedeutendsten Aspekte der Unterstützung von Geschäftsprozessen mithilfe von Informationssystemen unterscheiden können.

3.1 Geschäftsprozesse

3.1.1 Bedeutung von Geschäftsprozessen

Geschäftsprozesse gibt es in jeder Art von Betrieb, sei es in einem Unternehmen, in einer Behörde oder in einer Non-Profit-Organisation. Geschäftsprozesse sind immer dort zu finden, wo Aufgaben in einzelne Teilaufgaben zerlegt sind. Das ist typischerweise dort der Fall, wo arbeitsteilig gearbeitet wird. Oft sind Geschäftsprozesse in einzelnen Betrieben sehr individuell ausgestaltet. Auf abstrakter Ebene lassen sich dennoch typische *Geschäftsprozesse* beschreiben, die in vielen Betrieben eine Rolle spielen.

- *Bestellung*: Dieser Geschäftsprozess erstreckt sich von der Bestellung bis zum Zahlungseingang. Der Kunde löst einen entsprechenden Geschäftsfall aus, indem er eine Bestellung erteilt. Daraufhin wird der gewünschte Artikel an den Kunden versandt. Der Prozess schließt mit dem Zahlungseingang des Kunden ab.
- *Ausschreibung*: Dieser Geschäftsprozess beginnt mit der Erstellung eines Ausschreibungstexts und läuft bis zur Erteilung des Auftrags. Der Anbieter wird hier mit der Angebotslegung aktiv. Der Auftraggeber sammelt und prüft mehrere Angebote. Typischerweise kommt bei der *Angebotsauswahl* das beste Angebot zum Zug und es erfolgt die Beauftragung.
- *Beschwerde*: Eine Beschwerde wird typischerweise von Kunden eingereicht, welche mit einem Produkt oder einer Dienstleistung nicht zufrieden sind. Der Betrieb geht der Beschwerde nach, um Fehler in der Leistungserbringung aufzudecken. Zudem wird, wenn berechtigt, eine Kompensation für den Kunden ausgelöst.
- *Beantragung*: Viele Arten von Leistungen sind an eine Beantragung gekoppelt, insbesondere bei Behörden. Der Kunde reicht einen Antrag ein und legt eine Reihe von erforderlichen Unterlagen bei. Der Betrieb untersucht die Rechtmäßigkeit des Antrags. Falls berechtigt, erfolgt eine Bewilligung.

Diese Beispiele verdeutlichen, dass Betriebe im Wesentlichen Geschäftsprozesse ausführen, wenn sie Produkte erstellen oder Dienstleistungen erbringen. Das bedeutet insbesondere, dass die *Qualität der Geschäftsprozesse* einen wichtigen Einfluss auf die Qualität der betrieblichen Leistungen hat. Effektive und effiziente Geschäftsprozesse sind daher geeignete Mittel, um sich als Betrieb von seinen Konkurrenten zu differenzieren.

Allgemein gesagt heißt „effektiv“ „die richtigen Dinge tun“ und „effizient“ „die Dinge richtig tun“. Effektivität ist ein Maß für die Wirksamkeit, Effizienz ist ein Maß für die Wirtschaftlichkeit. Effektiv ist ein Geschäftsprozess dann, wenn er zum vorgegebenen Ziel, das heißt, zum gewünschten Ergebnis, führt. Effizient ist er, wenn das vorgegebene Ziel mit möglichst geringem Mitteleinsatz (Kosten) erreicht wird und der Nutzen dabei größer ist als die Kosten (Wirtschaftlichkeitsprinzip).

Zum *Beispiel* ist bei dem oben erwähnten *Bestellprozess* die *Effektivität* hoch, wenn ein hoher Prozentsatz der Kunden die gewünschten Artikel rechtzeitig erhält und diese wie vorgesehen bezahlt – und zwar unabhängig vom damit verbundenen Aufwand. Maßgrößen wären etwa der Servicegrad (die Lieferbereitschaft), die Lieferzeit, die Lieferqualität, die Zahlungsmoral (Zeitraum zwischen der Rechnungserstellung und dem Zahlungseingang) und die Zufriedenheit der Kunden. Je näher die Ergebnisse eines Geschäftsprozesses den vorgegebenen Zielen kommen, desto höher ist der Effektivitätsgrad. Dabei spielt es keine Rolle, ob beispielsweise die Auslieferung der bestellten Produkte durch einen eigenen Fuhrpark, Spediteure, Paketdienste, eine Flotte von Transportflugzeugen oder mit Taxis erfolgt. Für die meisten Aufträge dürfte eine Auslieferung mit Taxis jedoch derzeit kaum effizient sein, da die Transportkosten unverhältnismäßig hoch sind. Die *Effizienz* des Bestellprozesses ist also hoch, wenn die angestrebten Ziele, wie etwa Vorgaben bezüglich der genannten Maßgrößen, mit geringstmöglichen Kosten erreicht werden und der Nutzen dabei größer ist als die Kosten. B

Zum *Beispiel* erfordert ein hoher *Servicegrad*, das heißt die Fähigkeit, Bestellungen jederzeit sofort aus dem vorhandenen Vorrat zu decken, einen entsprechend hohen Lagerbestand, der wiederum hohe Lagerhaltungskosten durch gebundenes Kapital verursacht. Wird für ein Produkt als Ziel ein Servicegrad von 99,99 Prozent definiert und wird dieser Wert in der Realität nahezu erreicht, so ist die Effektivität hoch. Die Effizienz kann jedoch wegen des hierfür notwendigen Aufwands gering sein. Ein Servicegrad von 99,99 Prozent für ein Produkt erfordert nämlich einen fast doppelt so hohen Sicherheitsbestand wie ein Servicegrad von 98 Prozent oder einen dreifach so hohen Sicherheitsbestand wie ein Servicegrad von 90 Prozent. Dementsprechend muss artikelspezifisch oder nach Warengruppen abgewogen werden, welcher Servicegrad jeweils am effizientesten ist (Nutzen einer erhöhten Lieferbereitschaft im Verhältnis zu den Lagerhaltungskosten durch gebundenes Kapital).

Man versteht unter einem **Geschäftsprozess** (engl.: business process) einen komplexen, aus mehreren Funktionen bestehenden Arbeitsablauf zur Erledigung einer betrieblichen Aufgabe. Diese Funktionen (oft auch als Aktivitäten bezeichnet) stehen zueinander in einem zeitlich-



sachlogischen Zusammenhang und tragen zu einem betriebswirtschaftlichen Ziel bei. Verschiedene Teilnehmer sind arbeitsteilig mit der Durchführung der einzelnen Funktionen betraut. Sie gebrauchen Information und Vorleistungen, um ein Produkt oder eine Dienstleistung zu erstellen.

Ein wesentliches Merkmal von Geschäftsprozessen in Betrieben ist die Tatsache, dass diese typischerweise arbeitsteilig organisiert sind. Einzelne Funktionsbereiche wie Materialwirtschaft, Produktion oder Vertrieb decken lediglich einzelne Schritte in umfassenderen Geschäftsprozessen ab. Aus dem Blickwinkel des Geschäftsprozesses heißt das, dass beispielsweise bei einem Bestellprozess verschiedene Funktionsbereiche eingebunden sind. Aufgrund der betrieblichen Arbeitsteilung ist ein Geschäftsprozess daher typischerweise funktionsbereichsübergreifend.



Unter der **Prozessorientierung** (engl.: process orientation) versteht man einen Ansatz zur Organisation eines Betriebs, der die Geschäftsprozesse in den Mittelpunkt stellt. Dabei werden Zuständigkeiten für Prozesse explizit als Teil der Aufbauorganisation definiert.

Informationssysteme spielen bei der Gestaltung von Geschäftsprozessen im Sinne einer *befähigenden Technik* (engl.: enabling technology) eine bedeutende Rolle. Durch neue Informationstechniken werden Abläufe möglich, die in vielfältiger Weise effektiver und effizienter sein können. Dies gilt in ähnlicher Weise für multinationale Konzerne und kleine Betriebe. Informationssysteme dienen dabei insbesondere der Integration von Geschäftsprozessen über Funktionsbereiche hinaus. Dies verdeutlichen die Beispiele eines Bestellprozesses und eines Beschaffungsprozesses.



Der *Bestellprozess* (engl.: order-to-cash process) ist einer der wichtigsten betrieblichen Leistungsprozesse. Er beschreibt die Schritte vom Eingang der Bestellung bis zur Begleichung der Rechnung. Wählen wir das Beispiel einer Bestellung bei einem Online-Modehändler. Der erste Schritt ist die Aufgabe der Bestellung. Die Kundin Julia Müller gibt die Bestellung einer Jeanshose auf dem Internet-Portal des Online-Modehändlers auf. Intern auf Seiten des Händlers folgt nun eine Prüfung der Bestellung. Ist die bestellte Jeanshose verfügbar? Sind die Adressangaben von Julia Müller korrekt? Hat Julia Müller in der Vergangenheit ihre Rechnungen pünktlich bezahlt? Wenn diese Prüfungen zu einem positiven Ergebnis kommen, erhält Julia Müller via E-Mail eine Auftragsbestätigung. Oft werden diese Prüfungen und der Versand der Bestätigung automatisiert durchgeführt. Als nächstes werden die Lieferbelege angelegt. Anhand dieser Belege wird die Jeanshose im Warenlager identifiziert und von einem Lagermitarbeiter entnommen. Man bezeichnet das auch als Kommissionierung. Die Jeanshose wird dann verpackt und versandfertig gemacht. Das Paket wird an die Post zum Versand übergeben. Zum Zeitpunkt des Versands erhält Julia eine weitere E-Mail. Diese bestätigt den Versand und kündigt die Belastung ihres Kontos mit einer Lastschrift

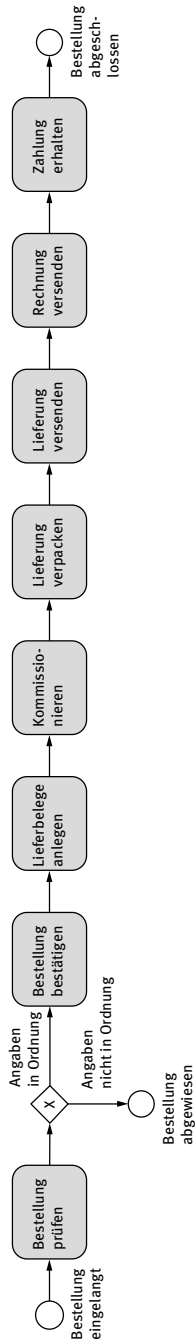


Abb. 3.1: Bestellprozess

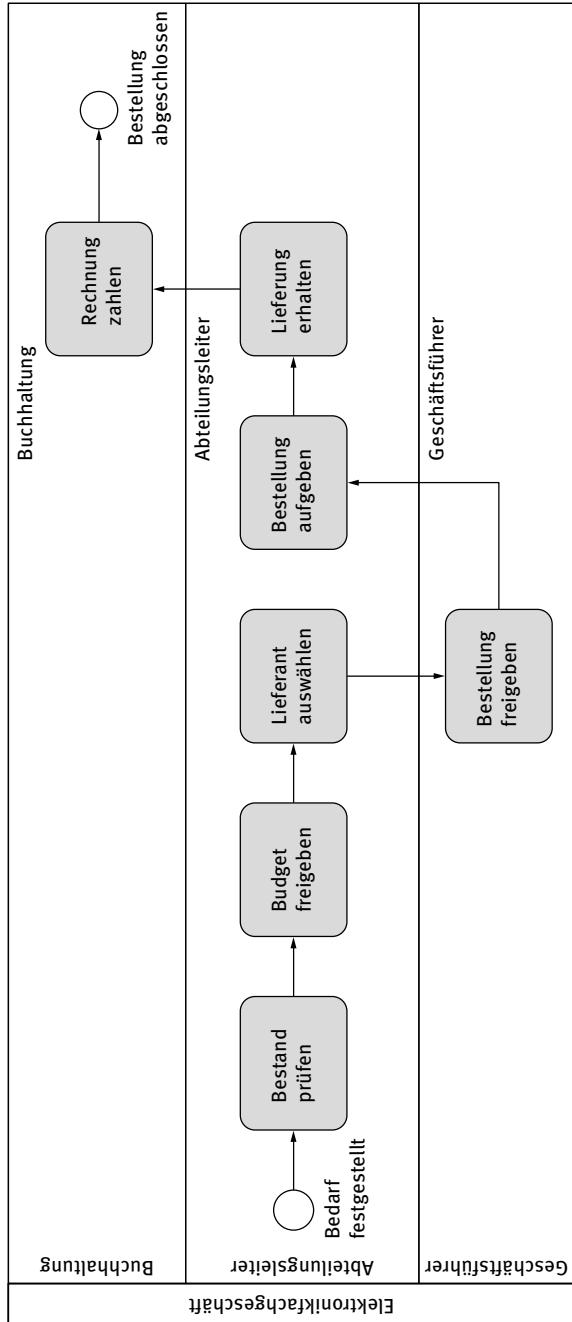


Abb. 3.2: Beschaffungsprozess

über den Rechnungsbetrag an. Am nächsten Tag erhält Julia das Paket von der Post zugestellt. Ihr Konto wird belastet und der Zahlungseingang wird beim Online-Modehändler verbucht. Damit ist der Bestellprozess abgeschlossen.

Der *Beschaffungsprozess* (engl.: *procure-to-pay process*) ist ein wichtiger betrieblicher Leistungsprozess. Er beschreibt die Schritte von der Bedarfsermittlung bis zur Begleichung der Rechnung. Wählen wir das Beispiel eines Elektronikfachgeschäfts. Der erste Schritt ist die Feststellung des Bedarfs. Der Abteilungsleiter Fritz Müller stellt fest, dass keine Steckdosenleisten mehr im Geschäft vorhanden sind. Als nächstes prüft er den Bestand, das heißt ob Steckdosenleisten auf Lager liegen. Dort ist nur noch eine vorhanden. Er stimmt sich kurz mit dem Geschäftsführer ab. Dieser erteilt die Freigabe, für 1.000 Euro neue Mehrfachstecker zu bestellen. Fritz Müller wählt aus der Lieferantenliste den aktuell günstigsten Lieferanten aus und gibt die Bestellung auf. Zwei Werktage später trifft die Warenlieferung ein. Daraufhin gibt Fritz Müller der Buchhaltungsabteilung den Auftrag, den Rechnungsbetrag an den Lieferanten zu überweisen. Damit ist der Beschaffungsprozess abgeschlossen.

Um Geschäftsprozesse verständlich zu machen, bedient man sich oft grafischer Darstellungsformen. Abb. 3.1 und 3.2 zeigen Modelle der beiden Beispielprozesse, die mithilfe der Diagrammtechnik *Business Process Model and Notation* (BPMN) dargestellt sind. Die Kreise symbolisieren die Start- und Endereignisse des Prozesses, die abgerundeten Vierecke die Aktivitäten und die Rauten mit dem × die Verzweigungen und Zusammenführungen. In Kapitel 4 behandeln wir BPMN-Prozessmodelle ausführlich.

Die *Bedeutung des Geschäftsprozessmanagements für die Wirtschaftsinformatik* rührt daher, dass einerseits informationsanalytische Methoden für die Analyse von Prozessen genutzt werden (mehr dazu in Kapitel 4). Andererseits bietet der Einsatz von Informationssystemen oft ein großes Potenzial, um Geschäftsprozesse besser zu organisieren. Dies gilt nicht nur für Geschäftsprozesse innerhalb eines Betriebs (engl.: *intra-organizational process*), sondern insbesondere für Prozesse, die funktionsbereichsübergreifend sind und über Betriebsgrenzen hinaus reichen. Diese werden auch als *zwischenbetriebliche Prozesse* (engl.: *inter-organizational process*) bezeichnet.

B

Eines der klassischen *Beispiele* für den weitreichenden Nutzen von Informationssystemen zur Verbesserung von zwischenbetrieblichen Geschäftsprozessen ist der Fall des *Automobilherstellers Ford*, den Hammer und Champy (1993) beschreiben. Ende der 1980er Jahre erwarb Ford einen Anteil an *Mazda*. Die Analysten von Ford bemerkten bald, dass die Beschaffungsprozesse bei Mazda mit deutlich weniger Personal durchgeführt werden konnten als bei Ford. Die Erklärung dafür war, dass der Prozess bei Ford deutlich komplizierter definiert war. Insgesamt waren etwa 500 Mitarbeiter damit beschäftigt, sowohl Bestellungen mit Lieferscheinen als auch Rechnungen mit Lieferscheinen abzugleichen, um dann entsprechend Zahlungen zu veranlassen. Das grundlegende Problem war damals, dass Be-

stellungen für die Warenannahmen nicht einsehbar waren, und daher Lieferungen beliebig entgegengenommen wurden. Bei einer Differenz fiel diese erst in der Buchhaltung auf. Zudem war unklar, ob eventuell eine Rücksendung zu veranlassen war. Mit dem Lieferanten wurde dann telefonisch und ad-hoc geklärt, wie zu verfahren wäre. Bei Mazda war der Beschaffungsprozess besser organisiert. Bestellungen wurden in einer zentralen Datenbank abgelegt. Die Warenannahme prüfte bei jeder Lieferung, ob für diese eine entsprechende Bestellung vorlag. Im Falle einer Differenz wurde die komplette Lieferung zurückgewiesen. Damit war die Arbeit für die Buchführung deutlich einfacher. Bei jeder Lieferung konnte sie bereits davon ausgehen, dass eine passende Bestellung vorlag. Die Zahlungen ließen sich dementsprechend ohne Probleme abwickeln. Ford stellte in der Folge den eigenen Beschaffungsprozess um. Das Vorgehen wurde vereinfacht. Zudem wurde eine neue Datenbank eingeführt, die sämtliche Bestellungen zentral zugänglich machte. Aufgrund der gesunkenen Fehlerraten konnte der Prozess nun mit einem Viertel des Aufwands unterstützt werden.

Die Analyse von Geschäftsprozessen gemeinsam mit der Bereitstellung von Informationssystemen kann zu einer erheblichen Verbesserung beitragen und helfen, betriebswirtschaftliche Ziele zu erreichen. Das Beispiel verdeutlicht, dass das Geschäftsprozessmanagement sich durch eine funktionsbereichsübergreifende Sicht auszeichnet.

3.1.2 Sichten auf Geschäftsprozesse

Geschäftsprozesse lassen sich anhand ihrer *Bestandteile* beschreiben. Ein wesentliches Merkmal eines Prozesses ist, dass er sich in eine Reihe von *Funktionen* gliedert. Diese Funktionen stehen zueinander in einem *zeitlich-sachlogischen Zusammenhang*. Gemeinsam tragen sie dazu bei, das betriebswirtschaftliche Ziel des Prozesses zu erreichen. Verschiedene Teilnehmer sind mit der Durchführung der einzelnen Funktionen betraut. Dafür werden Information und Vorleistungen bereitgestellt. Als Ergebnis des gesamten Prozesses wird ein Produkt oder eine Dienstleistung erstellt. Diese verschiedenen Bestandteile eines Prozesses lassen sich auf unterschiedlichen *Detaillierungsgraden* beschreiben.

Aus der Perspektive der **Funktionssicht** (engl.: functional view) ist ein Prozess eine Zerlegung einer komplexen Verrichtung in einzelne Teilfunktionen.



Verrichtungen lassen sich auf unterschiedlichem Detaillierungsgrad benennen und beschreiben. Die Verrichtung einer Bestellung im Elektrofachgeschäft bezeichnet man dann als Prozess, sobald man sie als eine Folge von zusammen-

hängenden Teilfunktionen begreift. Diese Teilfunktionen können arbeitsteilig an mehrere Mitarbeiter übertragen werden.

B

In unserem Beschaffungsbeispiel liegt Arbeitsteilung vor, wenn der Abteilungsleiter eine Bestellung aufgibt und der Geschäftsführer diese freigibt.

!

Die **Steuerungssicht** (auch: Kontrollfluss, engl.: control view) bezeichnet die Aspekte eines Prozesses, die mit der Ausführung von Funktionen sowie den Ereignissen und Regeln zwischen diesen Funktionen zu tun haben.

Wichtige Fragen des Kontrollflusses sind, in welcher Reihenfolge einzelne Funktionen durchgeführt werden, welche alternativen Bearbeitungsmöglichkeiten bestehen, zu welchen Bedingungen diese Alternativen gewählt werden, welche Ereignisse einzelne Funktionen auslösen und welche Funktionen unabhängig voneinander bearbeitet werden können.

B

Beispielsweise können Einkäufer beim Online-Modehändler zwischen verschiedenen Zahlungsoptionen wählen. Die Eingabe der Kreditkartendaten ist das auslösende Ereignis für die Belastung des Kreditkartenkontos.

!

Die **Datensicht** (engl.: data view) eines Geschäftsprozesses beschreibt, welche Dokumente und sonstige Information für die verschiedenen Funktionen benötigt beziehungsweise durch diese erzeugt werden.

B

Bei dem Beispiel des Online-Modehändlers werden Bestelldaten in einer Datenbank abgespeichert. Diese werden später aufgerufen, um die Versandadresse anzugeben.

!

Die **Organisationssicht** (engl.: organization view) beschreibt die verschiedenen Teilnehmer eines Prozesses. Teilnehmer können je nach Detaillierungsgrad der Beschreibung einzelne Aufgabenträger oder Stelleninhaber, aber auch ganze Organisationseinheiten und Betriebe sein.

B

Im Beschaffungsprozess gibt der Abteilungsleiter die Bestellung auf, der Geschäftsführer gibt diese frei und die Buchhaltung überweist den Rechnungsbetrag.

!

Die **Leistungssicht** (engl.: output view) beschreibt, welche Vorleistungen von den einzelnen Funktionen benötigt und welche Zwischenleistungen produziert werden. Am Ende des Geschäftsprozesses steht dann die Bereitstellung eines Produkts und einer Dienstleistung.

Die Steckdosenleisten stellen bezogene Vorleistungen dar. Sie werden von einem Lieferanten bereitgestellt und vom Elektrofachgeschäft weiterverkauft.

B

Die beiden Beispielprozesse sind sehr einfach gehalten, um Ihnen Begriff und Wesen von Geschäftsprozessen zu veranschaulichen. In großen Betrieben gibt es oft eine nur noch schwer überschaubare Anzahl von Geschäftsprozessen, die aus einer Vielzahl von Aktivitäten bestehen können. Hunderte oder tausende von Mitarbeitern und Programmen können daran beteiligt sein.

Deshalb ist es bedeutsam, dass durch das Geschäftsprozessmanagement die wichtigsten Geschäftsprozesse identifiziert, beschrieben und soweit möglich hinsichtlich Durchlaufzeit, Kosten, Qualität und Flexibilität verbessert werden.

3.2 Merkmale des Geschäftsprozessmanagements

Geschäftsprozessmanagement zielt darauf ab, dass Geschäftsprozesse effektiv und effizient ausgeführt werden. Dabei kommen verschiedene allgemeine Prinzipien zum Tragen. Die Aufgaben des Geschäftsprozessmanagements werden mithilfe eines *Lebenszyklusmodells* beschrieben. Zudem sind verschiedene *Verantwortlichkeiten* im Geschäftsprozessmanagement zu unterscheiden.

Unter **Geschäftsprozessmanagement** (engl.: business process management) versteht man die Gesamtheit aller Aufgaben und Maßnahmen, die darauf abzielen, Geschäftsprozesse effizienter und effektiver zu machen.

!

3.2.1 Prinzipien des Geschäftsprozessmanagements

Als *Prinzipien des Geschäftsprozessmanagements* lassen sich die Koordination, die Betrachtung auf der Typebene und der Anspruch einer inkrementellen (das heißt, schrittweisen) Verbesserung herausstellen. Die grundlegende Motivation für Geschäftsprozessmanagement ist in der betrieblichen Arbeitsteilung zu sehen. Das Zerlegen von größeren, komplexeren Aufgaben in einzelne Funktionen ermöglicht es, dass sich verschiedene Teilnehmer spezialisieren. Wenn nun unterschiedliche Funktionen eines Geschäftsprozesses von verschiedenen Personen durchgeführt werden, so bedarf es der *Koordination*, um die Ergebnisse der Teilfunktionen zusammenzuführen.



Unter **Koordination** (engl.: coordination) versteht man das Aufeinanderabstimmen von Aktivitäten, die von unterschiedlichen Akteuren ausgeführt werden, mit dem Ziel, einen Prozess effizient durchzuführen. Die Akteure können dabei Personen oder automatisierte Teilprozesse sein.

Genau auf die effektive und effiziente Koordination von Teilfunktionen zielt das Geschäftsprozessmanagement ab.



Bei unserem Bestellbeispiel erfolgt die Koordination mithilfe der Lieferbelege. Die Mitarbeiter benutzen sie, um die Waren versandfertig zu machen.

Ein weiteres Prinzip des Geschäftsprozessmanagements ist die *Betrachtung auf der Typebene*. Dies bedeutet, dass nicht nur ein einzelner Geschäftsfall (Instanz) eines Geschäftsprozesses betrachtet wird, sondern dass eine Vorlage erstellt wird, nach der eine Vielzahl von Geschäftsfällen abgearbeitet werden kann. Ein Geschäftsprozess definiert die Regeln, nach denen einzelne Geschäftsfälle abgearbeitet werden.



Ein **Geschäftsprozessstyp** (engl.: business process type) beschreibt den allgemeinen Arbeitsablauf für eine Klasse von gleichartigen Geschäftsfällen. Ein **Geschäftsfall** (engl.: case) ist eine **Geschäftsprozessinstanz** (engl.: business process instance). Ein Geschäftsfall entspricht einem konkreten, spezifischen Arbeitsablauf gemäß den Vorgaben des Geschäftsprozessstyps.

Geschäftsprozessmanagement beschäftigt sich zu einem großen Teil mit Geschäftsprozessstypen (*Typebene*), das heißt mit Fragen, wie Geschäftsfälle im Allgemeinen durchzuführen sind. Während die Typebene Vorgaben für alle gleichartigen Geschäftsfälle definiert, zielt die *Instanzebene* auf einzelne konkrete Geschäftsfälle ab. Die Instanzebene ist wichtig, um Information über laufende Geschäftsprozesse zu erhalten, wie beispielsweise die Durchlaufzeit zu ermitteln oder um Problemfälle zu analysieren.



Ein konkreter Geschäftsfall kann die Jeanshosenbestellung von Frau Müller am 1. Februar 2019 um 12:15 sein. Dies ist einer von vielen Geschäftsfällen, die dem Geschäftsprozessstyp *Bestellung* zuzurechnen sind. Auf *Instanzebene* können bei unserem Bestellbeispiel Zusicherungen überwacht werden, dass jeder einzelne Kunde innerhalb von fünf Tagen seine Waren erhalten hat.

Zuletzt ist das *Prinzip der inkrementellen Verbesserung* zu nennen. Es gibt verschiedene Ansätze, Geschäftsprozesse zu gestalten. Das Geschäftsprozessmanagement zielt typischerweise darauf ab, einzelne Prozesse schrittweise zu ver-

bessern. Dieses Prinzip ist im Lebenszyklus des Geschäftsprozessmanagements verankert. Ein Gegenstück zu dieser Herangehensweise ist das Konzept des *Geschäftsprozess-Reengineerings* (engl.: business process reengineering). Dieses befürwortet radikale Einschnitte und grundlegende Änderungen in der Art und Weise wie Geschäftsprozesse in der Vergangenheit durchgeführt wurden. Bei den Konzepten ist gemein, dass Informationssysteme eine wichtige Rolle bei der Verbesserung spielen. In der Praxis hat sich gezeigt, dass mit einschneidenden Veränderungen große Verbesserungen erzielt werden können, allerdings um den Preis eines hohen Risikos. Viele Reengineering-Projekte scheitern, weil sich Widerstände aufbauen. Das Durchsetzen von großen Veränderungen ist daher oft nur in Krisenzeiten möglich.

3.2.2 Lebenszyklus des Geschäftsprozessmanagements

Das Management von Geschäftsprozessen lässt sich mithilfe eines idealtypischen *Lebenszyklusmodells* beschreiben. Hierbei wird eine Reihe von verschiedenen Managementaufgaben im Hinblick auf ihre sachliche und zeitliche Beziehung dargestellt. Diese Beziehungen schließen sich idealtypisch zu einem Kreis. In der Praxis wird dieser Kreisschluss von vielen Betrieben nicht erreicht und auch nicht immer angestrebt. Das Management von Prozessen im Sinne des vollständigen Lebenszyklus verlangt eine aufwendige Infrastruktur, welche aus Kosten-Nutzen-Überlegungen oft nicht oder nicht vollständig aufgebaut wird.

Der **Lebenszyklus des Geschäftsprozessmanagements** (engl.: business process management life cycle) stellt die Aufgaben des Geschäftsprozessmanagements als einen sich wiederholenden Ablauf dar. Er umfasst die Identifikation, die Erhebung, die Analyse, die Verbesserung, die Einführung und die Überwachung von Prozessen.



Abb. 3.3 stellt die *Aufgaben im Rahmen des Lebenszyklus des Geschäftsprozessmanagements* bildlich dar. Der Einstiegspunkt zum Geschäftsprozessmanagement ist die *Prozessidentifikation*. Hierbei werden die wichtigsten Kategorien von Prozessen eines Betriebs erfasst und gegeneinander abgegrenzt. Das Ergebnis lässt sich beispielsweise als *Prozessarchitektur* darstellen, insbesondere in Form einer *Prozesslandkarte*, welche die wichtigsten ein bis zwei Dutzend Prozesse in einer grafischen Form darstellt. Bei der *Prozesserhebung* ist es dann Gegenstand der Betrachtung, die einzelnen Schritte und die Verarbeitungslogik für einen ganz spezifischen Prozess zu erheben. Dies führt zu einem *Istmodell* des jeweils betrachteten Prozesses, welches darstellt, wie der Prozess aktuell in

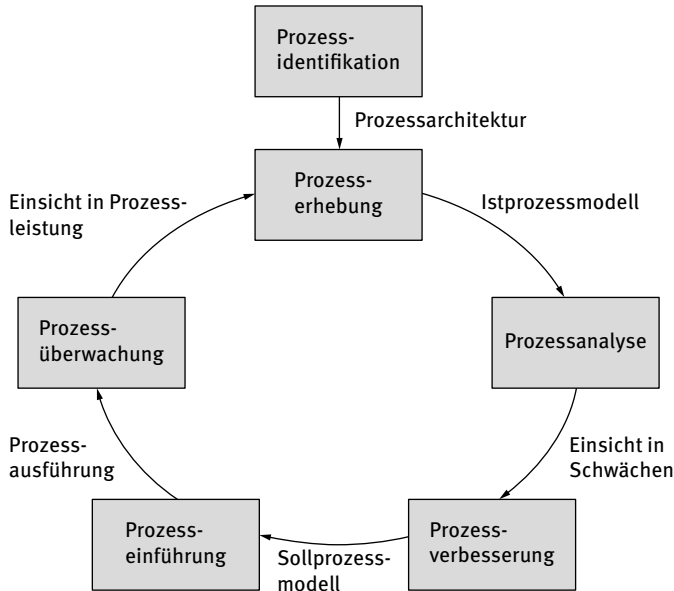


Abb. 3.3: Lebenszyklus des Geschäftsprozessmanagements (nach Dumas et al., 2018)

der Praxis ausgeführt wird. Dieses Istmodell bildet die Grundlage für eine mögliche *Prozessanalyse*. Ziel der Prozessanalyse ist es, Probleme der aktuellen Prozessgestaltung aufzudecken und diese zu priorisieren. Dabei gilt es, sowohl informelle Einsichten als auch belastbares Zahlenmaterial aufzubereiten. Diese Einsichten in die Schwächen des Prozesses bilden den Ausgangspunkt für die *Prozessverbesserung*. Hierbei werden Verbesserungsvorschläge erarbeitet und mit Blick auf ihre Machbarkeit analysiert. Die Einarbeitung der Vorschläge führt zu einem *Sollmodell*, welches die zukünftige Funktionsweise des Prozesses darstellt. Dieses Sollprozessmodell muss im Rahmen der Prozesseinführung in dem Betrieb verankert werden. Dies schließt einerseits Schulungsmaßnahmen auf der organisatorischen Seite ein und andererseits Entwicklungstätigkeiten bei der Umprogrammierung betrieblicher Informationssysteme. Sobald diese Maßnahmen abgeschlossen sind, kann gemäß dem neuen Prozessmodell gearbeitet werden. Die entsprechenden Ausführungen einzelner Geschäftsfälle nach Maßgabe des neuen Prozesses ermöglichen das Sammeln von Ausführungsdaten, insbesondere wenn betriebliche Informationssysteme den Prozess unterstützen. Diese Ausführungsdaten bilden eine wertvolle Grundlage zur *Prozessüberwachung*. Die fortlaufende und periodische Auswertung der Ausführungsdaten liefert Einsichten in die Leistungsfähigkeit des Prozesses. Wenn hier unerwünschte Abweichungen von den ursprünglichen Erwartungen verzeich-

net werden, ist dies ein Anlass, um eine detaillierte Erhebung und Analyse des aktualisierten Prozesses durchzuführen. Somit schließt sich der Kreis des Lebenszyklus.

3.2.3 Verantwortlichkeiten im Geschäftsprozessmanagement

In der Praxis sind verschiedene *Personenkreise* in das Geschäftsprozessmanagement sowohl eingebunden als auch davon betroffen. Die wichtigsten sind die Geschäftsführung, der Prozessverantwortliche, die Prozessteilnehmer, der Systemanalytiker und der Anwendungsentwickler.

Rolle	Verantwortlichkeit
Geschäftsführung	Die Geschäftsführung ist verantwortlich für die grundsätzliche Gestaltung der Geschäftsprozesse. Sie beauftragt Initiativen zur Prozessverbesserung und sichert dafür die Verfügbarkeit von Ressourcen sowie die strategische Ausrichtung.
Prozessverantwortlicher	Der Prozessverantwortliche ist dafür zuständig, den oder die Prozesse in seiner Zuständigkeit effizient und effektiv auszugestalten. Das umfasst einerseits Planungs- und Führungsaufgaben und andererseits die Kontrolle der Wirtschaftlichkeit.
Prozessteilnehmer	Die verschiedenen Aufgaben innerhalb eines Prozesses werden von Prozessteilnehmern ausgeführt. Sie sind mit Routineaufgaben in der täglichen Ausführung der Prozesse vertraut.
Systemanalytiker	Der Systemanalytiker ist damit betraut, verschiedene Aufgaben bei der Erhebung, Analyse und Verbesserung von Prozessen zu übernehmen.
Anwendungsentwickler	Der Anwendungsentwickler ist gemeinsam mit dem Systemanalytiker für die korrekte Umsetzung der Prozessvorgaben in betrieblichen Informationssystemen verantwortlich.

Tab. 3.1: Rollen im Geschäftsprozessmanagement

Die in Tab. 3.1 beschriebenen Rollen können in verschiedenen Formen des Prozessmanagements *zusammenspielen*. Im einfachsten Fall ist der Bezugsrahmen ein einzelnes Projekt, welches das Ziel verfolgt, einen konkreten Prozess zu verbessern. In diesem Fall beauftragt der Prozessverantwortliche, oft mit Unterstützung der Geschäftsführung, einen Systemanalytiker (oder auch mehrere) damit, den konkreten Prozess zu analysieren. Der Systemanalytiker erstellt mithilfe der Prozessteilnehmer ein Prozessmodell und eine Reihe von Verbesserungsvor-

schlagen. Bei der technischen Umsetzung der Prozessänderungen werden Anwendungsentwickler eingebunden.

In vielen Betrieben ist Geschäftsprozessmanagement in einem *Prozessmanagementteam* verankert, welches Prozessverbesserungen in verschiedenen Bereichen des Betriebs begleitet. Dieses Team ist oft sowohl für die Auswahl von Softwarewerkzeugen für das Prozessmanagement als auch für die Bereitstellung von methodischem Prozesswissen verantwortlich. Es verwaltet die Prozessarchitektur und berät bei der Auswahl von Prozessen und deren Analyse. Somit liegt hier der Fokus nicht nur auf dem einzelnen Prozess, sondern auf der Gesamtheit aller Prozesse.

3.2.4 Erfolgsfaktoren des Geschäftsprozessmanagements

Das Geschäftsprozessmanagement ist ein wichtiger Baustein, um einen Betrieb mit dem sich ändernden Umfeld in Einklang zu bringen und die Informationssysteme an den betrieblichen Erfordernissen auszurichten (engl.: business-IT alignment). Dafür bedarf es der kontinuierlichen Anpassung der Geschäftsprozesse. Eine Reihe von *Erfolgsfaktoren für das Geschäftsprozessmanagement* wird von Trkman (2010) beschrieben, insbesondere die folgenden drei Punkte:

1. *Strategie beachten:* Das Geschäftsprozessmanagement sollte so ausgerichtet sein, dass es einen wesentlichen Beitrag zur Umsetzung der Geschäftsstrategie leisten kann. Investitionen in Informationssysteme sollten dabei so gesteuert werden, dass sie die Verbesserung von wichtigen Geschäftsprozessen unterstützen. Geschäftsprozesse sollten zudem in Hinblick auf Durchlaufzeit, Kosten, Qualität und Flexibilität gemessen werden, damit prognostizierte Verbesserungen belegt werden können.
2. *Prozessänderungen umsetzen:* Viele Betriebe tun sich recht leicht, Vorschläge zur Prozessverbesserung auszuarbeiten. Die Umsetzung bedarf aber einer intensiven Begleitung, um die Prozessteilnehmer für die neue Arbeitsweise zu gewinnen. Dies erfordert unter anderem ein umfangreiches Training der Mitarbeiter.
3. *Automatisierungspotenziale nutzen:* Viele einfache Aktivitäten wie Formatänderungen, Berechnungen oder Benachrichtigungen können leicht von Informationssystemen durchgeführt werden. Die Automatisierung dieser einfachen Arbeiten entlastet die Mitarbeiter und bietet ihnen mehr Raum, sich auf wesentliche Dinge zu konzentrieren.

3.3 Identifikation von Geschäftsprozessen

Die *Prozessidentifikation* hat das Ziel, für einen Betrieb die wichtigsten Prozesse zu benennen, zu bewerten und zu strukturieren. Gegenstand der Identifikation sind damit nicht einzelne Prozesse, sondern die Gesamtheit aller Geschäftsprozesse eines Betriebs. Im einfachsten Fall wird hierbei eine Liste mit den Namen der Prozesse erstellt. Diese können dann anhand verschiedener Kriterien bewertet werden.

Unter der **Prozessidentifikation** (engl.: process identification) versteht man die Erfassung der wichtigsten Prozesse eines Betriebs und deren Priorisierung.



Die Beziehungen der verschiedenen Prozesse zueinander können mithilfe einer Prozessarchitektur beschrieben werden. Die *Bedeutung der Prozessidentifikation* ergibt sich daraus, dass viele Betriebe nicht alle, beziehungsweise oft nur teilweise, ihre Geschäftsprozesse explizit steuern. Mithilfe der Prozessidentifikation wird die Grundlage für ein durchgängiges Geschäftsprozessmanagement gelegt, bei dem nach und nach die wichtigsten Einzelprozesse analysiert und verbessert werden können. Auch Betriebe, die bereits Geschäftsprozessmanagement betreiben, können von einer regelmäßigen Prozessidentifikation profitieren. Über einen Zeitraum von mehreren Jahren ändern sich viele der Prozesse, sodass ein Abgleich zwischen dokumentierten Prozessen und tatsächlichen Prozessen erforderlich wird.

3.3.1 Prozesse benennen

Grundsätzlich gibt es bei der Identifikation von Prozessen verschiedene *Konsistenzbedingungen* zu beachten. *Konsistenz* (engl.: consistency) heißt Widerspruchsfreiheit. Die Liste von Prozessen sollte die wesentlichen Verrichtungen des Betriebs abdecken.

Im *Einzelhandel* beispielsweise sind das sämtliche Verrichtungen, die mit der Beschaffung, Lagerhaltung und dem Verkauf der Waren zusammenhängen. Im *Finanzsektor* sind dies alle wesentlichen Verrichtungen, die mit der Abwicklung von Finanztransaktionen und der Bereitstellung von Finanzprodukten zu tun haben.



Zudem sollten die Prozesse zuerst einmal auf einer abstrakten Ebene derart beschrieben werden, dass lediglich die etwa 20 wichtigsten Prozesse aufscheinen.



Eine grafische Darstellung der wesentlichen Prozesse eines Betriebs wird als **Prozesslandkarte** (engl.: process landscape, process map) bezeichnet. Sie hat die Aufgabe, die Zusammenhänge und Schnittstellen zwischen den wesentlichen Prozessen übersichtlich in einem Diagramm darzustellen.



Abb. 3.4: Handels-H als Beispiel einer Prozesslandkarte (nach Becker und Schütte, 2004)

Abb. 3.4 zeigt das sogenannte *Handels-H-Modell* von Becker und Schütte (2004) als eine typische *Prozesslandkarte für einen Einzelhandelsbetrieb*. Hier werden eine Reihe von Prozessen benannt, die für einen Einzelhandelsbetrieb wesentlich sind, gegliedert von oben nach unten in Managementprozesse, Kernprozesse und Unterstützungsprozesse. Als Managementprozesse sind im oberen Teil Planung und Controlling aufgeführt. Die Unterstützungsprozesse im unteren Teil umfassen Haupt- und Anlagenbuchhaltung, Kostenrechnung und Personalwirtschaft. Im mittleren Teil sind die Kernprozesse in drei Bereiche gegliedert. Auf der linken Seite befinden sich die mit der Beschaffung verbundenen Prozesse. Dies sind Einkauf, Disposition, Wareneingang, Rechnungsprüfung

und Kreditorenbuchhaltung. Auf der rechten Seite sind die absatzbezogenen Prozesse abgebildet. Diese sind Marketing, Verkauf, Warenausgang, Fakturierung und Debitorenbuchhaltung. Beide Seiten sind über das Lager miteinander verbunden.

Prinzipiell sind zwei verschiedene *Vorgehensweisen bei der Prozessidentifikation* zu unterscheiden. Ein Betrieb kann ohne irgendwelche Vorgaben seine Prozesse erfassen und in Form einer Prozesslandkarte zusammenstellen. Das Ergebnis wird dann im Bereich Einzelhandel wahrscheinlich ähnlich aussehen wie das Handels-H-Modell. Die Beobachtung, dass Prozesse auf einer solch abstrakten Ebene wie der Prozesslandkarte für eine Branche meist sehr ähnlich sind, hat dazu geführt, dass die Prozessidentifikation oft von *Referenzmodellen* unterstützt wird. Ein Referenzmodell beschreibt die Prozesse für einen Gültigkeitsbereich, der allgemeiner als ein einzelner Betrieb ist.

Ein **Referenzmodell** (engl.: reference model) ist ein Modell, das eine anerkannte gute Lösung für ein häufig auftretendes Problem bietet. Das Referenzmodell dient als Bezugspunkt für mögliche Weiterentwicklungen eines konkreten Modells, das ähnliche Problembereiche abbildet. Um dem Anspruch als Referenz gerecht zu werden, müssen Modelle veröffentlicht werden.



Gerade für abstrakte Modelle wie eine Prozesslandkarte eignen sich Referenzmodelle gut als Unterstützung, da sie eine Vorstrukturierung für die eigenen Prozesse bieten.

Neben dem *Handels-H* gibt es eine ganze Reihe von weiteren Referenzmodellen, oft mit Branchenbezug. Das *eTOM-Modell* stellt strukturiert dar, wie ein Telekommunikationsbetrieb typischerweise gegliedert ist. Die *Information Technology Infrastructure Library (ITIL)* beschreibt eine Reihe von Prozessen für das Management von Informationssystemen in einem betrieblichen Umfeld. Das *Process Classification Framework (PCF)* des American Productivity and Quality Center (APQC) beschreibt eine Untergliederung von Prozessen, wie sie typischerweise in einer Vielzahl von Betrieben vorzufinden sind. Spezifischere Varianten existieren beispielsweise für die Automobilindustrie, für den Bankenbereich und für verschiedene Einzelhandelsbranchen.



3.3.2 Prozesse bewerten

Sobald die Benennung der Prozesse abgeschlossen ist und diese eventuell auch in eine Prozesslandkarte überführt wurden, liegt eine Grundlage vor, um die Prozesse zu bewerten. Hierbei ist zu beachten, dass Prozessverbesserungen aufwendig sind. Daher müssen die identifizierten Prozesse nach verschiedenen

Kriterien analysiert werden, um eine angemessene Priorisierung vornehmen zu können. Unter anderem sollten die *strategische Wichtigkeit*, die *Verbesserungswürdigkeit* und die *Verbesserungsfähigkeit* betrachtet werden.

Die *strategische Wichtigkeit* spielt eine entscheidende Rolle bei der Bewertung der Prozesse. Die Überlegung ist dabei, dass Verbesserungsmaßnahmen auf wichtige Prozesse fokussiert werden sollten, da sich daraus die größte Wirkung auf den Geschäftserfolg erwarten lässt. Diese Überlegung spiegelt sich bereits in der Unterscheidung von Kernprozessen, Managementprozessen und Unterstützungsprozessen wider, die eine Abstufung im Hinblick auf die strategische Wichtigkeit impliziert. Die Unterscheidung von Kernprozessen und Unterstützungsprozessen ist dabei keineswegs naturgegeben. Es kommt durchaus vor, dass in Betrieben unterschiedliche Auffassungen darüber bestehen, welche Prozesse als Kernprozesse oder als Unterstützungsprozesse einzustufen sind. Prozessverantwortliche versuchen, wenn möglich, ihr Aufgabengebiet in den Bereich der Kernprozesse zu positionieren, um für sie eine höhere strategische Wichtigkeit geltend zu machen. Die meisten Betriebe betrachten die Prozesse als Kernprozesse, die direkt zur Leistungserstellung beitragen, die also Produkte und Dienstleistungen produzieren, die der Betrieb verkauft.

Wenn zwei Prozesse von sehr ähnlicher strategischer Relevanz sind, können sie durchaus in ganz unterschiedlichem Maße *verbesserungswürdig* sein, beispielsweise, wenn einer der Prozesse Mängel aufweist. Einfach gesagt ist ein Prozess *verbesserungswürdig*, wenn er „nicht gut funktioniert“. Die mangelnde Prozessqualität kann sich auf vielerlei Art zeigen, beispielsweise wenn viele Einzelschritte ad-hoc abgestimmt werden müssen, häufig Fehler passieren, Mitarbeiter überlastet werden, Kunden sich beschweren oder die Kosten und Durchlaufzeiten zu hoch sind. Gemäß der Art der Mängel werden korrigierende Maßnahmen definiert. Die Definition von klaren Regeln kann den Bedarf an Ad-hoc-Kommunikation erheblich reduzieren. Die Reduktion von Fehlern vermindert den Bedarf an korrigierender Nacharbeit. Dies alles trägt oft auch direkt zu einer höheren Kundenzufriedenheit bei und erhöht damit die Reputation am Markt und die Chance, bestehende Kunden zu halten.

Selbst wenn Geschäftsprozesse sowohl strategisch relevant als auch *verbesserungswürdig* sind, so kann es doch sein, dass sie keine guten Kandidaten für eine Prozessverbesserung sind. Das Kriterium der *Verbesserungsfähigkeit* zielt darauf ab zu untersuchen, ob eine Verbesserung überhaupt realistisch erreicht werden kann. Es gibt eine Vielzahl von Aspekten, die die Verbesserungsfähigkeit beeinträchtigen können. Beispielsweise eignen sich Verbesserungsbemühungen wenig in Bereichen, in denen es innerhalb des Betriebs unterschiedliche Auffassungen und Konflikte gibt. Wenn sich zwei Parteien gegenüberstehen, kann die Unterstützung der Argumente des einen zu einer Blockadehaltung bei

anderen führen. Ebenso gibt es Bereiche, die noch nicht präzise strukturiert sind. Hier können sich Konflikte daraus ergeben, dass die Abgrenzung von Prozessen schwierig ist.

Ideale Kandidaten für Prozessverbesserungen sind solche, die strategisch wichtig sind und gleichermaßen eine hohe Verbesserungswürdigkeit und -fähigkeit aufweisen. Falls es solche Prozesse nicht gibt, muss eine Priorisierung unter Berücksichtigung verschiedener Kontextfaktoren vorgenommen werden. So kann es beispielsweise in der Startphase einer Prozessmanagementinitiative ratsam sein, lieber einen einfachen und vielleicht nicht besonders verbesserungswürdigen Prozess zu wählen, um eine positive Reputation für die Initiative aufzubauen. Andererseits kann es in einer Krisensituation hilfreich sein, die schwierigen Prozesse anzupacken, gerade um mit Streitigkeiten aufzuräumen.

3.3.3 Prozesse strukturieren

Bevor einzelne Prozesse im Hinblick auf Verbesserungsmöglichkeiten analysiert werden, empfiehlt es sich, diese als Bestandteil der Prozessarchitektur zu betrachten.

Eine **Prozessarchitektur** (engl.: process architecture) ist eine Vorgabe zur systematischen Organisation und Beschreibung von Prozessen eines Betriebs. Durch die Prozessarchitektur werden Abstraktionsebenen und die Beziehungen zwischen Prozessen definiert.



Typischerweise werden mindestens drei Abstraktionsebenen verwendet.

1. Auf der abstraktesten Ebene wird die *Prozesslandkarte* angesiedelt. Sie stellt einen Gesamtüberblick über die Prozesse des Betriebs dar.
2. Einzelne Elemente der Prozesslandkarte können mithilfe einer Verfeinerung auf Ebene 2 genauer spezifiziert werden. Auf dieser Ebene werden Prozesse oft als *Wertschöpfungsketten* dargestellt. Diese verdeutlichen, welche Prozesse Resultate liefern, die andere Prozesse als Eingabe benötigen. Auch die Elemente der Ebene 2 können mithilfe einer Verfeinerung genauer beschrieben werden.
3. Auf der Ebene 3 finden sich entsprechend *Prozessmodelle*, die den genauen Ablauf darstellen. In der Praxis gibt es eine Vielzahl von Betrieben, die noch weitere Ebenen definieren bis hinunter auf das Niveau von Arbeitsanweisungen und Transaktionen in Informationssystemen.

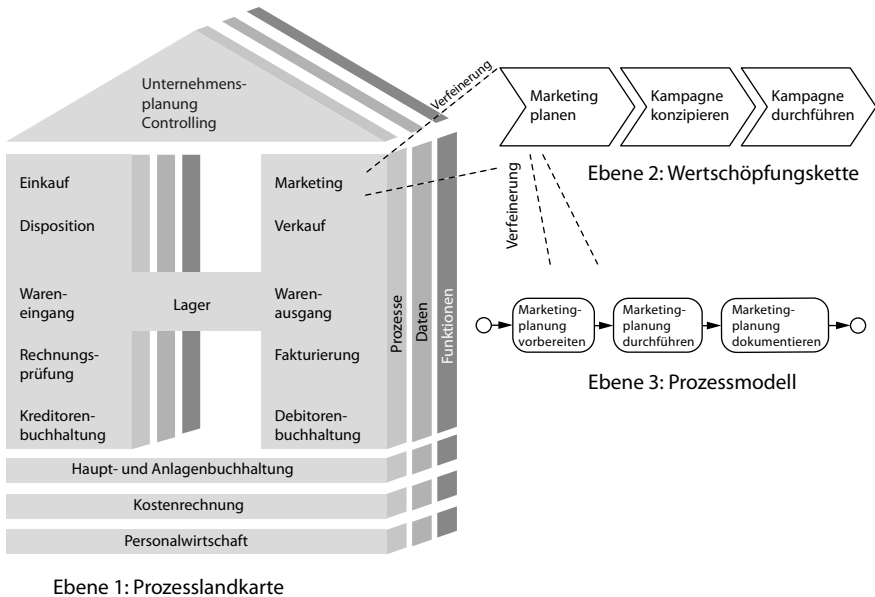


Abb. 3.5: Verschiedene Ebenen einer Prozessarchitektur

Abb. 3.5 veranschaulicht das Prinzip der *Definition einer Prozessarchitektur*. Hier werden verschiedene *Ebenen* genutzt, um Prozesse auf unterschiedlichen Abstraktionsstufen zu beschreiben. Ebene 1 stellt die Prozesslandkarte des Handels-H dar. Marketing als einzelnes Element wird hier verfeinert als Wertschöpfungskette beschrieben.



Eine **Wertschöpfungskette** (Synonym: Wertkette; engl.: value chain) stellt aufeinander aufbauende Tätigkeiten (Wertaktivitäten) dar, die zur Herstellung eines Produkts oder einer Dienstleistung erbracht werden.

Die Wertschöpfungskette ist der Ebene 2 zuzurechnen. Deren Element „Marketing planen“ ist ebenfalls verfeinert und als Prozessmodell der Ebene 3 beschrieben.

Die Prozessarchitektur definiert typischerweise nicht nur die Ebenen, sondern auch welche Beschreibungsarten jeweils zu benutzen sind und welche Beziehungen dargestellt werden müssen. Hierbei lassen sich *horizontale und vertikale Beziehungen* unterscheiden. Horizontale Beziehungen werden zwischen Prozessen einer Abstraktionsebene definiert. Dies sind insbesondere *Ein-/Ausgabe-Beziehungen*. Vertikale Beziehungen beschreiben die *Verfeinerung von Prozessen*. Eine solche Verfeinerung kann eine Spezialisierung (eine Unterklasse des

Prozesses) oder eine Zerlegung (ein Teil des Prozesses) sein. *Spezialisierungen* beschreiben Varianten von Prozessen. *Zerlegungen* nutzt man, um den Detaillierungsgrad zu erhöhen.

3.4 Gestaltung von Geschäftsprozessen

Die *Gestaltung von Geschäftsprozessen* setzt sich damit auseinander, wie man Prozesse systematisch erheben kann, welche Analysemöglichkeiten sich bieten und wie Verbesserungsmöglichkeiten erkannt werden können. Der Fokus dieser Betrachtungen ist der einzelne Geschäftsprozess, während noch die Prozessidentifikation die Gesamtheit des Betriebs betrachtete. Die Bestimmung eines einzelnen Prozesses für eine umfassende Verbesserung erfolgt in der Regel gemäß der Bewertung verschiedener Prozesse im vorangegangenen Schritt.

3.4.1 Prozesse erheben

Bevor mit der Prozesserhebung begonnen werden kann, müssen *Rahmenbedingungen* festgelegt werden. Als erstes ist das Projekt zur Prozessverbesserung von der Geschäfts- oder der Bereichsleitung zu legitimieren. Auf Basis des Projektauftrags kann dann ein Projektteam zusammengestellt werden, welches für die Durchführung des Projekts zuständig ist. Danach ist sämtliche relevante Information über den Prozess zu erheben. Auf dieser Grundlage kann dann ein Modell des Prozesses in seiner aktuellen Gestalt erstellt werden. Man spricht hier auch von einem *Istmodell*. Hierbei ist eine Reihe von Herausforderungen zu beachten, die sich aus den unterschiedlichen Profilen von Systemanalytikern und Prozessteilnehmern ergeben.

Unter **Prozesserhebung** (engl.: process discovery) versteht man die Sammlung von Information zu einem Prozess und dessen Aufbereitung in Form eines Istmodells. Ein Istprozessmodell beschreibt einen Geschäftsprozess so, wie er aktuell tatsächlich von den Prozessteilnehmern ausgeführt wird.



Die wichtigsten *Beteiligten* bei der Prozesserhebung sind *Systemanalytiker* und *Prozessteilnehmer*. Der Systemanalytiker zeichnet sich durch umfassende Kenntnisse im Bereich des Geschäftsprozessmanagements und der Systemanalyse aus. Er kennt Verbesserungsprinzipien und beherrscht Modellierungsmethoden. In der Fachdomäne des Prozesses, das heißt, dem Arbeitsgebiet der

späteren Benutzer (Prozessteilnehmer), kennt er sich oft nur oberflächlich aus. Die Vielzahl der Prozessteilnehmer ist hingegen mit den Details der täglichen Arbeit genauestens vertraut. Sie wissen, wann und auf welcher Basis welche Entscheidungen zu treffen sind. Hingegen haben sie oft nur geringe Kenntnisse im Bereich der Prozessanalyse. Wichtig ist es daher, dass Systemanalytiker und Prozessteilnehmer eine vertrauensvolle Gesprächsbasis aufbauen, um gemeinsam die genauen Abläufe des Prozesses zu bestimmen. Dabei sind folgende *Herausforderungen* von wesentlicher Bedeutung:

1. Prozesse sind in Betrieben arbeitsteilig organisiert. Daher gibt es oft keine einzelne Person im Betrieb, die sämtliche Details eines Prozesses kennt. Die verschiedenen Prozessteilnehmer haben stets nur eine begrenzte Sicht auf den Gesamtprozess. Die Herausforderung in diesem Bereich besteht darin, diese *verschiedenen Sichten zu einem Gesamtbild* zusammen zu führen. Oft müssen dafür vordergründig widersprüchliche Beobachtungen miteinander in Einklang gebracht werden.
2. Die zweite Herausforderung rührt daher, dass Prozessteilnehmer im Arbeitsalltag die gesamte Komplexität von Geschäftsfällen wahrnehmen. Daher denken sie typischerweise eher in Richtung von Unterschiedlichkeiten als in Richtung Gemeinsamkeiten. Oft bleibt es dann dem Systemanalytiker vorbehalten, die beschriebenen Regeln des Geschäfts in eine allgemeine Darstellungsform zu überführen. Die Herausforderung ist hier stets, das *Abstraktionsniveau zu heben* und die Gemeinsamkeiten aller Geschäftsfälle eines Prozesstyps herauszuarbeiten.
3. Die dritte Herausforderung betrifft die verwendete Terminologie. Die Objekte und Prozessschritte müssen durch unmissverständliche und präzise Begriffe beschrieben werden, die häufig detailliertere Unterscheidungen als in der Alltagssprache verlangen. Die Begriffe müssen allen Prozessteilnehmern (die oft aus unterschiedlichen Abteilungen stammen) verständlich sein.
4. Die vierte Herausforderung gründet darauf, dass Prozessteilnehmer oft wenige Kenntnisse von grafischen Modellierungssprachen (Diagrammtechniken) haben. Die vom Systemanalytiker systematisch aufbereiteten Regeln des Prozesses in Form eines Modells entwickeln bei Prozessteilnehmern manchmal Gefühle von Unsicherheit. Daher bevorzugen sie oft die Diskussion über Prozesseigenschaften in Form von natürlichsprachlichem Text. Die vom Systemanalytiker erstellten Modelle stellen jedoch eine wichtige Spezifikation von Prozessgegebenheiten dar, die eventuell in dieser Form in Softwareanforderungen übertragen werden. Daher ist es wichtig, diese Spezifikation im Detail mit den Prozessteilnehmern abzugleichen und dabei eine Diskursform zu finden, die einerseits präzise ist, aber andererseits auf die Präferenzen der Prozessteilnehmer Rücksicht nimmt.

Für die eigentliche Erhebung von Prozessen gibt es eine Reihe von *Methoden*. Dabei empfiehlt es sich als Systemanalytiker, erst ausführlich bestehende Dokumentationen (Sekundärmaterial) zu studieren, bevor Beobachtungen, Interviews und Workshops genutzt werden.

Bestehende Dokumentationen bieten einen guten Einstieg, um einen Prozess zu verstehen. Der Vorteil ist hierbei, dass Systemanalytiker diese durcharbeiten können, ohne die Zeit der Prozessteilnehmer in Anspruch zu nehmen. Auch sind Dokumentationen oft frei von persönlichen Einschätzungen gehalten. Ein Problem ist allerdings, dass Dokumentationen stets einen vergangenen Zustand abbilden. Je nach Umfeld des betrachteten Geschäftsprozesses kann sich innerhalb eines Jahres eine Vielzahl von wesentlichen Aspekten ändern. Zudem bietet eine Dokumentation nicht die Möglichkeit, Fragen zu stellen. Daher ist die Konsultation von Dokumentationsmaterialien ein guter Startpunkt, kann aber niemals ausreichen, um einen Prozess zu erheben.

Die *Beobachtung* des Prozesses im betrieblichen Alltag erlaubt es, dessen gesamte Komplexität besser zu verstehen. Wenn diese Beobachtung passiv durchgeführt wird, werden ebenfalls die Prozessteilnehmer nicht in Anspruch genommen. Oft lässt sich auf diese Weise ein zwar partielles, aber doch recht objektives Bild des Prozesses gewinnen. Falls Durchlaufzeiten oder die Einhaltung von Regeln betrachtet werden, sollte allerdings beachtet werden, dass sich Prozessteilnehmer in einer Beobachtungssituation möglicherweise anders verhalten, beispielsweise indem sie stärker als gewohnt erwartungskonform arbeiten. Wenn dies nicht berücksichtigt wird, kann es zur Unterschätzung von Durchlaufzeiten und Überschätzung von Regelkonformität kommen.

Interviews eignen sich hervorragend, um Detailspekte von Prozessen zu diskutieren. Die persönliche Gesprächssituation bietet dem Systemanalytiker die Möglichkeit, Fragen zu stellen und Unklarheiten auszuräumen. Auf diese Weise kann ein detailreiches Bild des Prozesses und seiner Spezifika entwickelt werden. Allerdings bedarf es im Vorfeld einer rechtzeitigen terminlichen Abstimmung. Auch ist diese Methode zeitaufwendig, da die am Interview beteiligten Personen für die Dauer des Interviews komplett beansprucht werden. Bei der Klärung von Details ist zu beachten, dass oft mehrere Iterationen erforderlich sind, bis ein ausführliches und korrektes Modell für den Prozess vorliegt.

Workshops bieten die Chance, auf einen Schlag eine Vielzahl von Perspektiven auf einen Geschäftsprozess zusammenzuführen. Da bei einem Workshop die wesentlichen Beteiligten persönlich anwesend sind, können widersprüchliche Ansichten direkt besprochen und aufgelöst werden. Diesem Vorteil steht gegenüber, dass Workshops häufig einen erheblichen Koordinationsaufwand

erfordern. Allein die Koordination der Termine von mehreren Prozessteilnehmern bedarf beträchtliche Vorlaufzeiten. Zudem besteht das Risiko, dass sich Teilnehmer kurzfristig wegen anderer Verpflichtungen abmelden. Selbst bei kompletter Runde ist nicht sichergestellt, dass alle Beteiligten gleichermaßen zu Wort kommen. Vom Leiter ist besonderes Geschick gefragt, um allen ein ausgewogenes Maß an Sprechzeit zukommen zu lassen. Wenn jedoch diese Punkte sichergestellt sind, kann ein Workshop zu einem schnellen Fortschritt im Projekt beitragen.

3.4.2 Prozesse analysieren

Sobald das Istprozessmodell vorliegt, können *verschiedene Methoden* genutzt werden, um den Prozess systematisch auf mögliche *Schwachstellen* zu untersuchen. Die Gefahr, dass man Probleme übersieht, ist dadurch deutlich geringer. Aus der Vielzahl der Analysemethoden werden die *Wertbeitragsanalyse*, das *Ursache-Wirkungs-Diagramm* und der Satz von *Little* betrachtet.



Die **Prozessanalyse** (engl.: process analysis) bezeichnet das systematische Aufspüren von Schwachstellen eines Prozesses und deren Ursachen. Die *Wertbeitragsanalyse* (engl.: value-added analysis) ordnet jede Funktion eines Prozesses den Kategorien wertschöpfend, geschäftsdienlich und nicht wertschöpfend zu. Das *Ursache-Wirkungs-Diagramm* (engl.: cause-effect diagram) dient der Analyse von Ursachen für ein Problem und unterscheidet dabei die Ursachenkategorien Mensch, Maschine, Milieu, Material, Methode und Messung.

Die *Wertbeitragsanalyse* fußt auf der Beobachtung, dass nicht alle Funktionen eines Prozesses im gleichen Maße zur Wertschöpfung beitragen. Daher ist es der erste Schritt der Wertbeitragsanalyse, sämtliche Funktionen auf die folgenden drei *Klassen* aufzuteilen:

- *Wertschöpfende Funktionen*: Diese Funktionen tragen aus der Sicht des Kunden direkt zur Wertschöpfung bei. Dies kann man an der Frage festmachen, ob ein Kunde für diesen Schritt bezahlen würde.
- *Geschäftserforderliche Funktionen*: Diese Funktionen sind für den Kunden nicht direkt von Bedeutung. Sie sind jedoch erforderlich, um einen reibungslosen Geschäftsablauf zu sichern und regulatorischen Anforderungen zu genügen. Typischerweise finden sich hier Prüfungs- und Dokumentationsaktivitäten.
- *Nicht wertschöpfende Funktionen*: In diese Restkategorie fallen alle anderen Aktivitäten. Dies sind häufig interne Transport- und Versandaktivitäten.

Zudem gehören unnötige Dateneingaben aufgrund von Medienbrüchen zu dieser Kategorie.

Auf Basis dieser Klassifikation empfiehlt die Wertbeitragsanalyse, solche Aktivitäten zu entfernen oder grundlegend zu verändern, die nicht wertschöpfend sind.

Typische *Beispiele für nicht wertschöpfende Funktionen* finden sich oft in papierbasierten Genehmigungsprozessen. In vielen Betrieben müssen beispielsweise Dienstreisen genehmigt werden. Mithilfe der Genehmigung ist der Bedienstete dann berechtigt, sich die Kosten der Reise erstatten zu lassen. Wenn die Genehmigung in Papierform zu erwirken ist, muss das Formular dem Vorgesetzten vorgelegt werden. Dieser reicht es unterschrieben an die Personalabteilung weiter, die den Vorgang abschließt. Die eigentliche Bearbeitung macht etwa fünf Minuten aus, während das physische Versenden des Formulars mit der Hauspost zu einer Durchlaufzeit von oft mehr als einem Tag führt. Die Wertbeitragsanalyse empfiehlt den elektronischen Versand, um den langsamen physischen Transport einzusparen.

B

Das *Ursache-Wirkungs-Diagramm* ist eine Methode, um die Gründe für ein Problem aufzudecken. Nach seinem Erfinder wird es auch als *Ishikawa-Diagramm* bezeichnet.

Für das Problem werden als erstes mögliche *Ursachen in sechs Bereichen* gesucht (siehe Abb. 3.6):

- *Mensch*: Hier werden alle möglichen Ursachen genannt, die sich auf die inkorrekte Arbeit der am Prozess beteiligten Menschen zurückführen lassen.
- *Maschine*: In diese Kategorie fallen sämtliche Ursachen, die sich auf inkorrekt oder nicht angemessen funktionierende Technik zurückführen lassen.
- *Milieu*: Dies umfasst alle Faktoren, die im Umfeld des Prozesses angesiedelt sind. Hierunter fallen Kunden, Lieferanten und im weitesten Sinne Ursachen, die mit gesellschaftlichen Faktoren und Umweltbedingungen zusammenhängen.
- *Material*: Dieser Punkt sammelt alle Ursachen, die mit unsachgemäßen Vorleistungen zusammenhängen.
- *Methode*: Unter diesen Punkt fallen alle Ursachen, die damit zusammenhängen, wie der Prozess definiert ist oder gelebt wird.
- *Messung*: Ursachen in diesem Bereich betrachten sämtliche Messungen und Berechnungen, die im Laufe des Prozesses getätigt werden und eventuell nicht präzise, nicht angemessen oder nicht verlässlich sind.

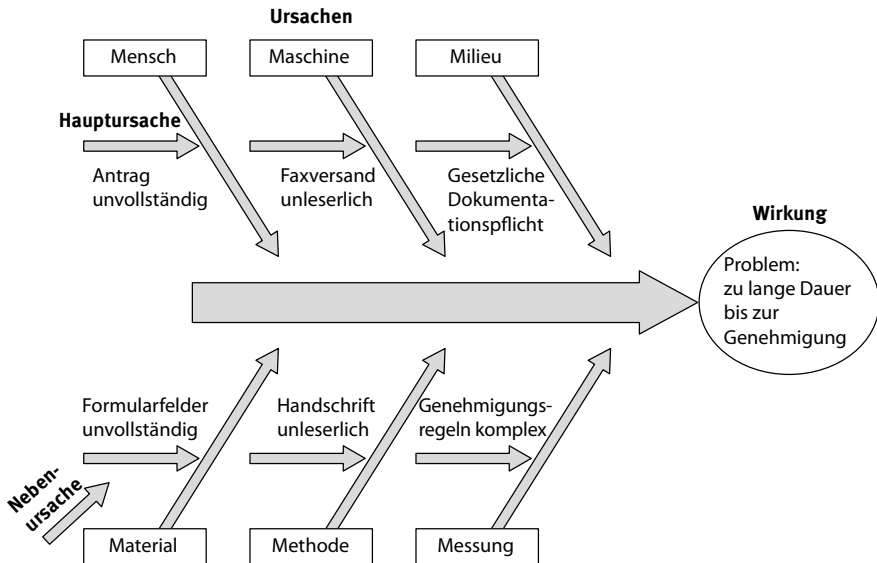


Abb. 3.6: Ursache-Wirkungs-Diagramm

Auf Basis dieser Klassifikation sind dann *hauptsächliche Ursachen* und damit zusammenhängende *nebensächliche Ursachen* zu identifizieren. Ziel ist es dabei, möglichst viele hypothetische Ursachen explizit zu machen. Sobald sich das Diagramm als vollständig darstellt, gilt es, die Ursachen nach ihrer Wahrscheinlichkeit zu *priorisieren* und einer *Prüfung auf Richtigkeit* zu unterziehen.

Ein wichtiges Instrument für die quantitative Analyse von Geschäftsprozessen ist der *Satz von Little* (engl.: Little's Law). Dieser Satz formuliert einen Zusammenhang zwischen den durchschnittlichen Werten von Durchlaufzeit W , Ankunftsrate λ und Bestand L . Unter der Annahme, dass diese Werte stabil sind und keine Ressourcenengpässe existieren, ergibt sich die Gleichung: $L = \lambda \times W$. Mithilfe der Formel kann leicht die durchschnittliche Durchlaufzeit eines Geschäftsprozesses bestimmt werden.

B

Wie lange dauert der Prozess des Wirtschaftsstudiums im Durchschnitt? Der im Satz von Little formulierte Zusammenhang kann für die Beantwortung dieser Frage genutzt werden. Nehmen wir dafür an, dass die WU Wien aktuell einen Bestand von 20.000 Studierenden im Bachelorstudium hat, von denen 4.000 Studierende pro Semester Erstzulassungen sind. Wie lange bleiben dann Bachelorstudierende im Durchschnitt an der WU bis sie entweder das Studium abschließen oder das Studium abbrechen? Wir stellen die Formel um und erhalten $\text{Durchlaufzeit} = \text{Bestand} / \text{Ankunftsrate} = 20.000 / (4.000/\text{Semester}) = 5 \text{ Semester}$.

Es gibt eine *Vielzahl weiterer Prozessanalysetechniken*, die hier nicht im Detail beschrieben werden. Insbesondere gehören Methoden der *Netzplantechnik* wie etwa die *Methode des kritischen Pfads* (engl.: critical path method, abgekürzt: CPM) dazu, die dabei helfen, die zeitlichen Abhängigkeiten zwischen Aktivitäten zu analysieren, oder *Warteschlangenmodelle* (engl.: queuing model), die Verweilzeiten und Durchsatz für Prozessmodelle ermitteln können.

3.4.3 Prozesse verbessern

Während die vorgestellten Prozessanalysetechniken die Aufdeckung von Schwachstellen unterstützen, liefern sie nur bedingt Empfehlungen für die *Verbesserung eines Prozesses*. Grundsätzlich ist bei der Betrachtung von Verbesserungsmöglichkeiten zu beachten, dass jeder Prozess ein eigenes Profil mit Blick auf die vier Dimensionen Durchlaufzeit, Kosten, Qualität und Flexibilität (siehe Abb. 3.7) besitzt. Die grundsätzliche Aussage dieser Veranschaulichung ist, dass es ein Zusammenspiel zwischen den Dimensionen gibt, die es verhindern, dass man zur gleichen Zeit eine Verbesserung in alle Richtungen erreichen kann. So führt eine Verbesserung der Qualität, beispielsweise durch zusätzliche Kontrollen, oft zu einer Verlangsamung der Durchlaufzeit.

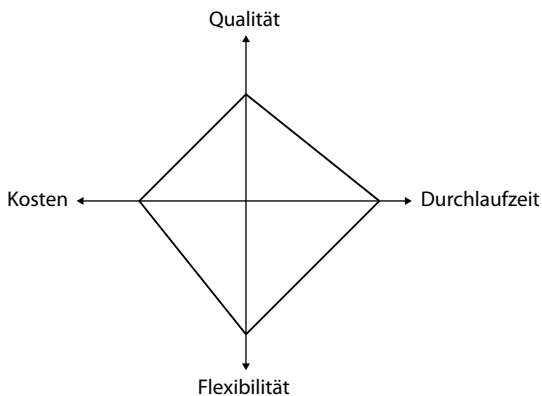


Abb. 3.7: Profil eines Geschäftsprozesses mit Blick auf die vier Dimensionen Durchlaufzeit, Kosten, Qualität und Flexibilität

Die **Prozessverbesserung** (engl.: process improvement) betrachtet einen bestehenden Geschäftsprozess und dessen Schwachstellen, und entwickelt systematisch Vorschläge für die Verbesserung. Die Dimensionen Durchlaufzeit, Kosten, Qualität und Flexibilität eines Prozesses sind oft derart miteinander verknüpft, dass Verbesserungen in der einen Dimension eine Verschlechterung in einer anderen nach sich ziehen.



Aufgrund dieser Überlegungen kann es *keine allgemeingültigen Regeln zur Prozessverbesserung* geben, sondern lediglich Optionen im Kontext einer gegebenen Zielsetzung das Profil des Prozesses zu verändern. Solche Optionen formulieren die *Redesign-Heuristiken*. Diese gliedern sich in die Bereiche Kunde, Prozessdurchführung, Prozesslogik, Organisationsstruktur, Prozessteilnehmer, Informationssysteme und Prozessumfeld. Die Redesign-Heuristiken sind als auf Erfahrungen basierende Anregungen zu verstehen, die für einen konkreten Prozess Schritt für Schritt auf ihre Anwendbarkeit geprüft werden können.



Eine **Redesign-Heuristik** (engl.: redesign heuristic) beschreibt eine konkrete Maßnahme zur Umgestaltung eines Geschäftsprozesses, die mit der Erwartung einer Verbesserung in zumindest einer Dimension verbunden ist. Resultat ist ein *Sollprozessmodell*. Dieses beschreibt einen Geschäftsprozess so, wie er in der Zukunft gestaltet sein sollte. Das Sollprozessmodell ist eine Vorlage („Blaupause“, engl.: blueprint) für die Umsetzung von Prozessverbesserungen.

In Bezug auf den Kunden unterscheidet man drei verschiedene Heuristiken:

- *Kontrollzuordnung*: Hier soll die Kontrolle auf den Kunden abgewälzt werden. Dies ist der Fall, wenn beispielsweise anstatt von Papierformularen Webformulare mit Konsistenzprüfungen eingeführt werden.
- *Kontaktreduktion*: Die Interaktion mit Kunden soll auf wenige Kontakte für einen Geschäftsfall beschränkt werden. Dadurch sollen unnötige spätere Nachfragen vermieden werden.
- *Integration*: Hierbei sollen die Prozessaktivitäten mit Kunden und Lieferanten stärker integriert werden, insbesondere um eine bessere Planungssicherheit zu erlangen.

Für die Prozessdurchführung sind fünf Heuristiken beschrieben.

- *Typen von Geschäftsfällen*: Wenn Aktivitäten nicht direkt mit dem betrachteten Prozess zusammenhängen, können sie als eigenständige Prozesse organisiert werden. Dies beschleunigt den Prozess, erhöht aber auch den Koordinationsaufwand.
- *Aktivitätseliminierung*: Unnötige Aktivitäten sollten eliminiert werden. Das Problem ist dabei weniger die Eliminierung als das Aufdecken, dass Aktivitäten unnötig sind.
- *Geschäftsfallbezogenes Arbeiten*: Es sollten stapelverarbeitete Aktivitäten (Warten und Bündeln von Geschäftsfällen) vom Prozess entfernt werden, um die anfallenden Wartezeiten zu reduzieren.
- *Triage (Aufteilung)*: Allgemeine Prozesse können in verschiedene eigenständige Prozesse zerlegt werden, wenn diese hinreichend unterschiedlich

sind. Die spezialisierten Prozesse können bestimmten Anforderungen besser entsprechen, beschleunigt abgewickelt werden oder weniger Ressourcen beanspruchen.

- *Zusammenfassung*: Feingliedrige Aktivitätsfolgen können zu umfangreicheren Aktivitäten zusammengefasst werden.

Die Prozesslogik kann mithilfe von vier Heuristiken untersucht werden.

- *Abfolgeveränderung*: Die Idee ist hierbei, Aktivitäten im Prozess zu verschieben, wenn eine andere Reihenfolge geeigneter ist.
- *Parallelisierung*: Sequenzielle Aktivitäten können unter Umständen schneller ausgeführt werden, wenn sie parallel verschiedenen Teilnehmern zugeordnet werden.
- *Knockout*: Die Prüfung von mehreren KO-Kriterien sollte nach zunehmendem Aufwand und abnehmender Wahrscheinlichkeit erfolgen.
- *Ausnahmen*: Prozesse sollten für die typischen Fälle definiert und Ausnahmen gesondert betrachtet werden.

Für die Analyse der Organisationsstruktur gibt es sieben Heuristiken.

- *Fallzuordnung*: Derselbe Prozessteilnehmer sollte so viele Schritte wie möglich für einen einzelnen Fall durchführen.
- *Flexible Zuordnung*: Ressourcen sollten so zugeordnet werden, dass ein flexibles Weiterarbeiten möglich ist.
- *Zentralisierung*: Verteilte Organisationseinheiten sollten so organisiert sein, dass sie wie eine zentralisierte Einheit agieren können.
- *Geteilte Verantwortung*: Die Zuordnung von Verantwortung für einzelne Funktionen zu Mitarbeitern verschiedener Organisationseinheiten sollte vermieden werden.
- *Teamverantwortung*: Geschäftsfälle können der Gesamtheit eines Teams zugeordnet werden, welches eigenständig alle Schritte koordiniert und durchführt.
- *Beteiligungskomplexität*: Es sollte versucht werden, die Anzahl der Organisationseinheiten und Mitarbeiter gering zu halten, die mit einem einzelnen Fall betraut sind.
- *Fallverantwortlicher*: Eine einzelne Person kann einem Geschäftsfall als Koordinator zugeordnet werden.

Die Prozessteilnehmer können anhand dreier Heuristiken untersucht werden.

- *Zusatzressourcen*: Kapazitätsengpässen kann durch die Bereitstellung zusätzlicher Ressourcen begegnet werden.

- *Spezialisierungsgrad*: Durch die Änderung des Spezialisierungsgrads kann eine bessere Ressourcenauslastung erreicht werden.
- *Ermächtigung (engl.: empowerment)*: Den Mitarbeitern können weitreichende Kompetenzen zuerkannt werden, wodurch sich der Managementaufwand reduziert.

Der Einsatz von Informationssystemen wird von vier Heuristiken beschrieben.

- *Kontrolle*: Die Einrichtung zusätzlicher Kontrollaktivitäten kann geeignet sein, die Fehlerrate eines Geschäftsprozesses zu reduzieren.
- *Pufferung*: Statt Information von externen Partnern wiederholt abzufragen, kann diese intern gepuffert und bei Bedarf aktualisiert werden.
- *Automatisierung*: Viele Aktivitäten, wie beispielsweise Berechnungen oder Benachrichtigungen, lassen sich mithilfe von Informationssystemen automatisieren.
- *Integrierte Systeme*: Die Idee hierbei ist es, physikalische Schranken von Raum und Zeit mithilfe von Informationssystemen zu überbrücken.

Zuletzt gibt es drei Heuristiken für die Betrachtung des Prozessumfelds.

- *Vertrauenswürdige Partner*: Statt Prüfungen selbst durchzuführen, können diese auch an vertrauenswürdige Partner ausgelagert werden (Outsourcing).
- *Verlagerung*: Aktivitäten können gänzlich an Dritte ausgelagert (Outsourcing) oder auch von Dritten zurück in den Betrieb integriert werden (Insourcing).
- *Schnittstellen*: Bei der Interaktion mit Partnern können standardisierte Schnittstellen zum Einsatz kommen.

Eine Vielzahl dieser Redesign-Heuristiken hat einen direkten *Bezug zu Informationssystemen*, auch jene, die nicht direkt in der entsprechenden Kategorie aufgeführt sind. Beispielsweise erfordert die Anwendung der Heuristik „Integration mit dem Kunden“ oft das Bereitstellen einer Schnittstelle über das Internet. Ebenso muss eine stärkere Zentralisierung oder Dezentralisierung oft mit entsprechenden Informationssystemen unterstützt werden.

3.5 Ausführung von Geschäftsprozessen

Generell erfordern Geschäftsprozesse keine Rechnerunterstützung oder Automatisierung, da die handelnden Akteure im Regelfall Menschen sind. In vielen Fällen können die Funktionen von einem Rechner jedoch schneller und verlässlicher als von Menschen ausgeführt werden. Man spricht hierbei von *Prozessautomati-*

sierung. Softwaresysteme, die eine derartige Ausführung von Geschäftsprozessen unterstützen, werden als *Geschäftsprozessmanagementsysteme (GPMS)* bezeichnet.

Ein **Geschäftsprozessmanagementsystem** (abgekürzt: GPMS, engl.: business process management system, Synonym: Workflow-Management-System) ist ein Softwaresystem, das die Definition, Entwicklung, Ausführung, Überwachung und Analyse von Geschäftsprozessen unterstützt. Bei der Ausführung wird der aktuelle Zustand der Prozessinstanzen überwacht und es werden Aufgaben an Prozessteilnehmer verteilt. Bei der Überschreitung von Fristen werden geeignete Maßnahmen ergriffen (beispielsweise Dringlichkeitsmeldungen verschickt).



Geschäftsprozessmanagementsysteme bringen eine Reihe von Vorteilen mit sich. Dank der Nutzung von Prozessdefinitionen wird die *Wiederverwendung von Wissen* über eine geeignete Abarbeitung ermöglicht. Typischerweise kann man auch eine *Verbesserung der Durchlaufzeiten* erreichen. Dieses rührt daher, dass ein solches Informationssystem die Koordination zwischen den einzelnen Prozessteilnehmern übernimmt und sie zeitgleich über neue Aufgaben informiert. Des Weiteren erreicht man mit der Nutzung von prozessorientierten Informationssystemen einen *Gewinn an Flexibilität*. Während in selbst entwickelten Systemen Prozesse oft „hart verdrahtet“ sind, kann man in modernen GPMS Abläufe leicht mithilfe von Modellen umbauen. GPMS helfen ebenfalls, verschiedene Informationssysteme zu verbinden. Dafür können standardisierte Schnittstellen genutzt werden. Auf diesem Wege erreicht man eine umfassende Transparenz über die Prozessabläufe und oft auch eine *bessere Qualität*. Der innerhalb eines GPMS abgebildete Geschäftsprozess wird dabei als Workflow bezeichnet.

Ein **Workflow** (eher seltene deutsche Übersetzung: Arbeitsfluss) beschreibt einen zumindest teilweise automatisierten Geschäftsprozess durch ein Informationssystem, insbesondere durch ein GPMS. Ein Workflow umfasst die vordefinierten Regeln zur automatischen Bereitstellung und Verarbeitung von Dokumenten, sonstiger Information oder Aufgaben sowie deren Zuordnung zu deren Bearbeitern.



3.5.1 Prozesse einführen

Bei der *Einführung von Prozessen, die von GPMS unterstützt werden*, sind verschiedene *Herausforderungen* zu meistern. Diese sind einerseits organisatorischer Natur. Die Mitarbeiter sind es gewöhnt, auf eine gewisse Art und Weise zu arbeiten. Mit der Umstellung auf ein neues System müssen neue Bildschirmmasken und neue Arbeitsschritte erlernt werden. Das ist aufwendig und

erfordert Aufgeschlossenheit gegenüber der Veränderung. Entsprechend muss ein enger Dialog mit den Mitarbeitern angestoßen werden, um die Akzeptanz des neuen Systems zu sichern. Herausforderungen bestehen andererseits auch auf technischer Seite. Geschäftsprozesse sind oft derart komplex, dass verschiedene Systeme und eine Vielzahl von Regeln und Richtlinien integriert werden müssen. Ein professionelles *Projektmanagement* ist hier erforderlich, um die Einführung erfolgreich voran zu treiben. Näheres zum Projektmanagement erfahren Sie in Kapitel 8.



Die **Prozesseinführung** (engl.: process implementation) beschreibt organisatorische und informationstechnische Maßnahmen, um die Infrastruktur bereitzustellen, die ein Prozess erfordert.

Für die Einführung von Prozessen können verschiedene *Typen von GPMS* genutzt werden. Diese Systemtypen können anhand des Kriteriums der Strukturiertheit unterschieden werden. Das verweist in diesem Zusammenhang darauf, wie formal und detailliert Prozesse vorab spezifiziert werden müssen. Man unterscheidet insbesondere Groupware-Systeme, Ad-hoc-Workflowsysteme, strukturierte Workflowsysteme und robotergesteuerte Prozessautomatisierungssysteme.

- *Groupware-Systeme* unterstützen die Zusammenarbeit der Benutzer durch die Erzeugung, Sammlung, Kommentierung, Strukturierung und Verteilung von Information auf einer gemeinsamen Plattform. Viele der klassischen Groupware-Systeme hatten ursprünglich keine explizite Prozessunterstützung. Diese steht mittlerweile für viele als Erweiterungskomponente zur Verfügung.
- *Ad-hoc-Workflowsysteme* ermöglichen es den Benutzern, Prozessabläufe im Bedarfsfall abzuändern. Sie ermöglichen die Definition von Aktivitäten und die Zuweisung von diesen an andere Prozessteilnehmer während der Ausführung des Geschäftsfalls (beispielsweise zur Behandlung von Komplikationen in medizinischen Behandlungsprozessen).
- *Strukturierte Workflowsysteme* arbeiten mit normativen Prozessmodellen, die die Abarbeitung von Prozessen genau festlegen. Ein Abweichen von der vorgegebenen Reihenfolge ist oft nicht möglich und auch nicht gewünscht.
- Die *robotergesteuerte Prozessautomatisierung* (engl.: robotic process automation) erfolgt durch sogenannte Softwareroboter, die die Arbeit von menschlichen Prozessteilnehmern automatisieren. Diese Systeme können sich wiederholende Routineaufgaben unterstützen, indem sie Anwenderinteraktionen über vorhandene Software- und Benutzerschnittstellen automatisiert erfassen, extrahieren und selbst ausführen.

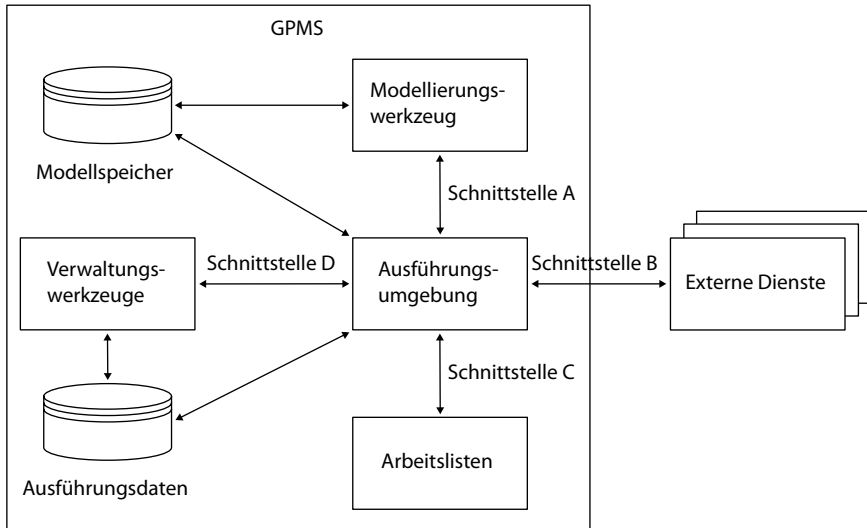


Abb. 3.8: Komponenten eines Geschäftsprozessmanagementsystems (nach Dumas et al., 2018)

Die wichtigsten *Bestandteile eines GPMS* lassen sich gemäß Abb. 3.8 veranschaulichen. Mithilfe des Modellierungswerkzeugs des GPMS können Prozesse definiert werden. Die Prozessmodelle werden in einem Modellspeicher abgelegt und über die Schnittstelle A in die Ausführungsumgebung eingespielt. Dorthin freigegebene Prozesse können für die Ausführung von einzelnen Fällen genutzt werden (das heißt, dass ein berechtigter Benutzer nun beispielsweise eine Prozessinstanz starten kann). Die Ausführungsumgebung kommuniziert mit externen Diensten über die Schnittstelle B, um zur Laufzeit der Prozessinstanzen Abfragen durchführen zu können. Dies können Aufrufe von Datenbankfunktionen sein oder Aufrufe von Webservices über das Internet, aber auch Schreib- und Leseoperationen auf anderen Systemen des Betriebs. Jeder Prozessteilnehmer greift auf das GPMS über die Schnittstelle C auf Arbeitslisten zu. In diesen werden die individuellen Arbeitsaufträge angezeigt und auf die entsprechenden Masken verwiesen. Die Ausführungsdaten werden separat gespeichert und können mithilfe von Verwaltungswerkzeugen über die Schnittstelle D aufgerufen und analysiert werden.

So kann die Bezahlung für eine Jeanshosenbestellung per Rechnung unterstützt werden. Nach der Bestellung erhält der Kunde per E-Mail eine Rechnung zugesandt. Den größten Nutzen entfalten GPMS, wenn die Koordination zwischen verschiedenen Prozessteilnehmern gesteuert wird. Nach dem Rechnungsversand kann das GPMS den Zahlungseingang

überwachen, bei Verstreichen der Zahlungsfrist den Mahnprozess anstoßen und darüber einen Mitarbeiter aus der Abteilung Rechnungswesen informieren.

3.5.2 Prozesse überwachen

Der Einsatz von GPMS erleichtert die *Überwachung von Prozessen* erheblich. Da die Ausführungsumgebung stets den aktuellen Status jeder einzelnen Prozessinstanz vorhält, können daraus geeignete Übersichtsgrafiken und Berichte erzeugt werden. Abb. 3.9 zeigt ein Beispiel einer solchen Aufbereitung in Form von Diagrammen, die über Kennzahlen eines Prozesses Auskunft geben. Für viele GPMS sind entsprechende Monitoring-Werkzeuge erhältlich, die solche Aufbereitungen ermöglichen.



Die **Prozessüberwachung** (engl.: process monitoring, process controlling) umfasst Werkzeuge, die helfen, Transparenz über die Ausführung von Prozessen zu erlangen und mithilfe von Regeln solche Situationen zu identifizieren, die des Eingreifens des Managements bedürfen.

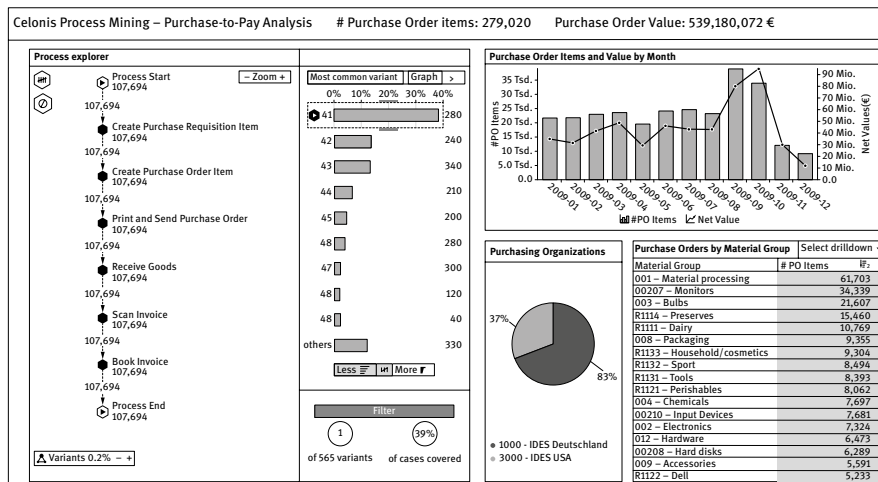


Abb. 3.9: Kennzahlenbericht für einen Prozess (Quelle: Celonis)

Für die Überwachung von Prozessen sind verschiedene *Kriterien* wichtig. Insbesondere sind das die bereits genannten Dimensionen Durchlaufzeit, Kosten, Qualität und Flexibilität. Die Einhaltung von zugesicherten Antwortzeiten ist für viele Prozesse im Dienstleistungsbereich von großer Wichtigkeit. Viele Dienst-

nehmer lassen sich in einer *Dienstgütevereinbarung* (engl.: service level agreement) Reaktionszeiten und Durchlaufzeiten garantieren. Das Monitoring der *Durchlaufzeit* ermöglicht es, bei einer drohenden Güteverletzung eine Alarmbenachrichtigung an den zuständigen Manager zu schicken. Dieser kann dann geeignete Maßnahmen ergreifen, um die Verletzung abzuwenden. Das Monitoring kann auch dazu genutzt werden, die *Kosten* jedes einzelnen Falls zu ermitteln und darzustellen. Auch hier sind automatische Benachrichtigungen möglich, wenn beispielsweise Kostengrenzen überschritten werden. Ebenso kann die *Qualität* fortlaufend überwacht werden. Sobald sich erhöhte Fehlerraten zeigen, können Maßnahmen ergriffen werden, um die Ursachen zu finden. Die *Flexibilität* eines Prozesses kann man anhand der verschiedenen Ausführungspfade veranschaulichen. Eine zu große Vielfalt kann entsprechende Standardisierungsmaßnahmen erfordern.

Die bei der Prozessausführung erfassten Daten bieten auch die Möglichkeit, den vordefinierten Prozess mit der tatsächlichen Ausführung zu vergleichen. Dies zählt zu den Aufgaben des *Process-Mining*.

Unter **Process-Mining** (engl.: process mining) versteht man Analysetechniken, die anhand von Logdaten Einsichten in die Ausführung von Prozessen ermöglichen. Unter anderem kann man dadurch Einblick erlangen, ob ein Geschäftsprozess wie gewünscht ausgeführt wird.



Das Process-Mining (siehe Abb. 3.10) geht davon aus, dass ein realer Geschäftsprozess mithilfe von Softwaresystemen ausgeführt wird. Dabei werden Ereignisse, Nachrichten und Transaktionen aufgezeichnet und in einer Datenbank für Ereignisdaten abgelegt. Man spricht auch kurz von *Logdaten*. Diese Logdaten können für verschiedene Analysen genutzt werden. Bei der *Erkennung* wird aus diesen Daten ein Prozessmodell generiert, das sämtliche Abläufe veranschaulicht. Bei der *Prüfung der Übereinstimmung* wird das vorgegebene Prozessmodell mit den Ausführungsdaten verglichen. Abweichungen können dann am Prozessmodell angezeigt werden. Ebenfalls können Auslastungen und ähnliche Information im Rahmen der *Erweiterung* auf das Prozessmodell projiziert werden.

Diese Maßnahmen der Prozessüberwachung ermöglichen das *frühzeitige Erkennen von Problemen*. Sie bieten *fortlaufende Anregungen für Prozessverbesserungen* und somit für ein erneutes Durchlaufen des Geschäftsprozesslebenszyklus.

Um geplante Änderungen an Produkten und Prozessen abzuschätzen und tatsächliche Änderungen sichtbar zu machen, können sogenannte digitale Zwillinge angelegt werden.

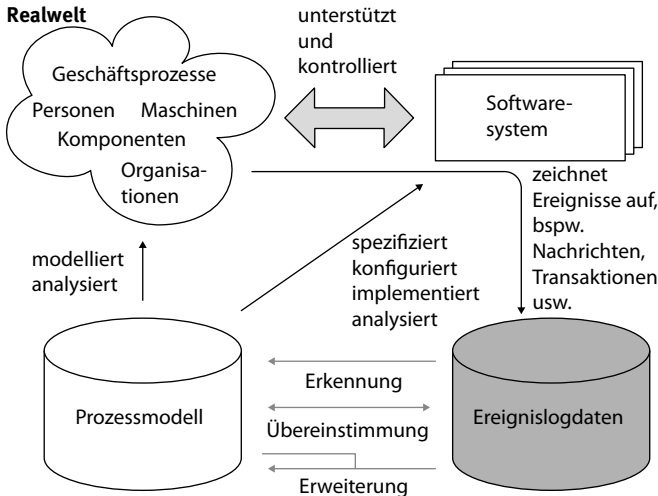


Abb. 3.10: Gegenstandsbereich des Process-Mining (nach van der Aalst, 2011)



Unter einem **digitalen Zwilling** (engl.: digital twin) versteht man das digitale Abbild eines existierenden oder in Entwicklung befindlichen Produkts oder Prozesses zu Simulations- und Analysezwecken.

Digitale Zwillinge werden insbesondere in der Produktionstechnik, Warenwirtschaft und verschiedenen Ingenieurdisziplinen genutzt, um realweltliche Prozesse informationstechnisch zu unterstützen. Durch einen digitalen Zwilling können die Konsequenzen von (geplanten) Änderungen mit Hilfe eines Rechners geprüft werden, ohne dass das Produkt physisch erzeugt oder ein Prozess eingeführt werden muss.

Die wichtigsten Punkte

1. Die Bedeutung von Geschäftsprozessen ergibt sich aus der arbeitsteiligen Leistungserstellung im betrieblichen Kontext. Das Management von Geschäftsprozessen trägt dazu bei, dass die Koordination zwischen den arbeitsteiligen Einzelschritten gut organisiert ist.
2. Die verschiedenen Schritte des Geschäftsprozessmanagements lassen sich mithilfe des Lebenszyklusmodells beschreiben. Sie umfassen die Prozessidentifikation, die Prozess-erhebung, die Prozessanalyse, die Prozessverbesserung, die Prozesseinführung sowie die Prozessüberwachung.
3. Für die Prozessidentifikation sind die wesentlichen Geschäftsprozesse eines Betriebs zu benennen. Es ist dann eine Bewertung anhand der Kriterien der strategischen Wichtigkeit, Verbesserungswürdigkeit und Verbesserungsfähigkeit vorzunehmen. Die Struktur

der gesamten Prozesslandschaft kann in Form einer Prozessarchitektur beschrieben werden.

4. Für die Gestaltung von Geschäftsprozessen sind diese zuerst einmal zu erheben. Die resultierenden Istprozessmodelle können mit verschiedenen Methoden analysiert werden. Bei der Verbesserung hilft eine Reihe von Redesign-Heuristiken.
5. Für die Unterstützung von Geschäftsprozessen können Geschäftsprozessmanagementsysteme genutzt werden. Sie ermöglichen eine leichte Überwachung der Prozesse während der Ausführung.



Übungs- und Lehrmaterialien zu diesem Kapitel finden Sie im Web über den abgebildeten QR-Code. Richten Sie Ihre Smartphone- oder Tablet-Kamera auf das nebenstehende Bild, um zu den Inhalten zu gelangen.

Literatur

- W.M.P. van der Aalst: Process Mining – Data Science in Action, Springer, Berlin 2016.
- J. Becker, M. Kugeler, M. Rosemann: Prozessmanagement: Ein Leitfadenzur prozessorientierten Organisationsgestaltung, 7. Auflage, Springer, Berlin 2012.
- J. Becker, R. Schütte: Handelsinformationssysteme, 2. Auflage, MI Wirtschaftsbuch, München 2004.
- J. vom Brocke, J. Mendling: Business Process Management Cases: Digital Innovation and Business Transformation in Practice, Springer, Berlin 2018.
- J. vom Brocke, M. Rosemann: Handbook on Business Process Management 1: Introduction, Methods, and Information Systems, 2. Auflage, Springer, Berlin 2014.
- J. vom Brocke, M. Rosemann: Handbook on Business Process Management 2: Strategic Alignment, Governance, People and Culture, 2. Auflage, Springer, Berlin 2014.
- M. Dumas, M. La Rosa, J. Mendling, H.A. Reijers: Fundamentals of Business Process Management, 2. Auflage, Springer, Berlin 2018.
- M. Hammer, J. Champy: Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution, HarperCollins, New York 1993, aktualisiert und mit einem neuen Prolog 2009.
- P. Harmon: Business Process Change: A Manager's Guide to Improving, Redesigning, and Automating Processes, 3. Auflage, Morgan Kaufmann, Burlington, MA 2014.
- H.A. Reijers, S. Limam Mansar: Best Practices in Business Process Redesign: An Overview and Qualitative Evaluation of Successful Redesign Heuristics. Omega: The International Journal of Management Science, 33.4 (2005): 283–306.
- M. Reichert, B. Weber: Enabling Flexibility in Process-Aware Information Systems: Challenges, Methods, Technologies, Springer, Berlin 2012.
- P. Trkman: The Critical Success Factors of Business Process Management. International Journal of Information Management, 30.2 (2010), S. 125–134.
- M. Weske: Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures, 2. Auflage, Springer, Berlin 2014.

4 Modellierung betrieblicher Informationssysteme

- 4.1 Grundlagen der Modellierung — 130
 - 4.1.1 Modellierungskonzepte — 130
 - 4.1.2 Prinzipien des Modellierens — 132
 - 4.1.3 Arten von Modellen — 134
 - 4.1.4 Anwendungsfälle für die Modellierung — 135
 - 4.1.5 Vorgehensweisen zur Modellierung — 136
 - 4.2 Modellierungssprachen — 138
 - 4.2.1 Formale Struktur versus informelle Benennung — 138
 - 4.2.2 Syntax versus Semantik — 140
 - 4.2.3 Modellierungsqualität — 140
 - 4.3 ARIS-Architekturmodell — 142
 - 4.3.1 Sichten — 142
 - 4.3.2 Beschreibungsebenen — 144
 - 4.4 Modellierung betrieblicher Strukturen — 145
 - 4.4.1 Zieldiagramme — 145
 - 4.4.2 Funktionshierarchie-bäume — 146
 - 4.4.3 Organigramme — 148
 - 4.4.4 Produktbäume — 149
 - 4.5 Modellierung von Geschäftsprozessen — 150
 - 4.5.1 Wertschöpfungskettendiagramme — 151
 - 4.5.2 BPMN-Prozessmodelle — 152
 - 4.5.3 Verschiedene Sichten in BPMN-Prozessmodellen — 154
 - 4.5.4 DMN-Entscheidungstabellen — 154
 - 4.6 Modellierung von Daten — 156
 - 4.6.1 Elemente des Entity-Relationship-Modells — 157
 - 4.6.2 Identifikation von Datenobjekten — 160
- Die wichtigsten Punkte — 161
Literatur — 162

Kapitelübersicht

Dieses Kapitel beschreibt die Grundlagen der Modellierung betrieblicher Informationssysteme. Modelle dienen dazu, betriebliche Anforderungen an Informationssysteme konsistent, korrekt und vollständig darzustellen. Die Modellierung übernimmt somit eine wichtige Rolle, um Geschäftsprozesse und Informationssysteme aufeinander abzustimmen. Gemäß dieser Brückenfunktion gibt es Modellierungskonzepte, die sich mehr an die Geschäftswelt anlehnen und solche, die sich mehr an der Systementwicklung orientieren. Das Kapitel widmet sich neben den Grundlagen der Modellierung spezifischen Modellierungskonzepten zur Beschreibung der Strukturen eines Betriebs, der Geschäftsprozesse und der Daten im betrieblichen Umfeld.

Lernziele

Ziel dieses Kapitels ist es, Sie mit den grundlegenden Konzepten der Modellierung betrieblicher Informationssysteme vertraut zu machen. Nach dem Durcharbeiten dieses Kapitels können Sie

- die Kerneigenschaften eines Modells beschreiben,
- die Elemente einer Modellierungssprache definieren und die Qualität von Modellen diskutieren,
- ein wichtiges Rahmenwerk mit seinen verschiedenen Sichten und Beschreibungsebenen erklären,
- Modelle der Organisationsstruktur, der Geschäftsprozesse und der Daten diskutieren,
- Modellbeschreibungen lesen und verstehen,
- Modelle auf formale Korrektheit prüfen sowie Verständnisfragen zu Modellen beantworten,
- einfache Modelle selbst erstellen.

4.1 Grundlagen der Modellierung

Große betriebliche Informationssysteme zeichnen sich durch *Komplexität* aus. Bei ihrer Gestaltung gilt es, eine Reihe von Funktionen für verschiedene Personen sowie unterschiedliche Ein- und Ausgabedaten systematisch und detailliert zu erfassen und zu analysieren. Die *Modellierung* ist ein wichtiges Hilfsmittel, um komplexe Sachverhalte analysierbar zu machen. In diesem Kapitel werden grundlegende Modellierungskonzepte vorgestellt. Ebenfalls werden die Grundelemente von Modellierungssprachen besprochen sowie Empfehlungen zur Qualitätssicherung in der Modellierung gegeben. Mit ARIS wird ein etabliertes Modellierungskonzept aus der Praxis vorgestellt.

4.1.1 Modellierungskonzepte

Modelle gibt es für verschiedenste Sachverhalte. Um deren Gemeinsamkeiten zu verstehen, müssen wir zuerst definieren, was Modellierung ist. Dann werden Prinzipien des Modellierens, Arten von Modellen, Vorgehensweisen zur Modellierung und allgemeine Anwendungsszenarien im Zusammenhang mit Informationssystemen besprochen.

Unter der **Modellierung** (engl.: modeling) versteht man die vereinfachende und zweckorientierte Abbildung eines Sachverhalts. Der Begriff Abbildung lässt sich hier sowohl als Verrichtung als auch als Ergebnis verstehen. Als Verrichtung beschreibt die Modellierung den Vorgang, einen Sachverhalt nach Maßgabe eines bestimmten Zwecks zu verkürzen und abzubilden. Als Ergebnis erhält man aus diesem Vorgang ein **Modell** (engl.: model).

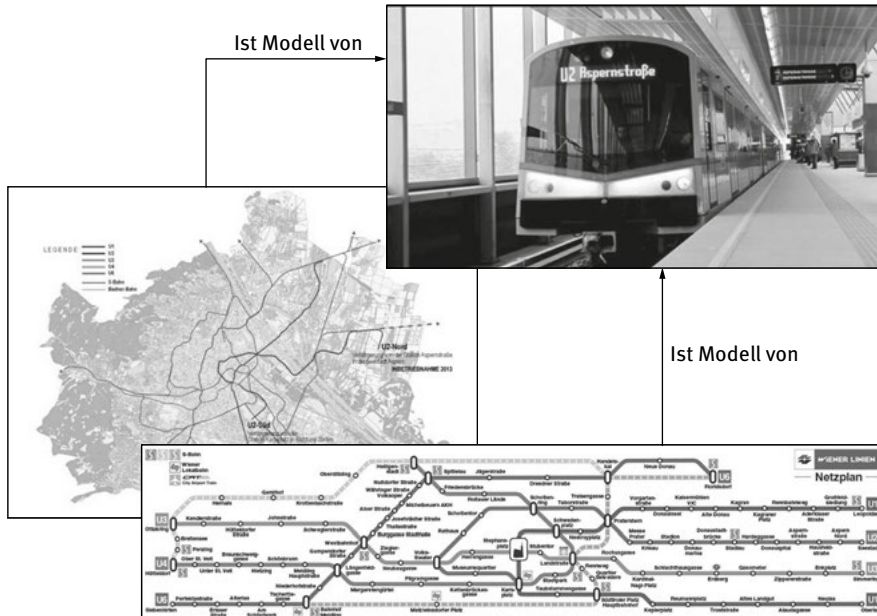


Abb. 4.1: Die Wiener U-Bahn und zwei unterschiedliche Modelle (Quelle: Wiener Linien)

Die drei *Charakteristika eines Modells*, nämlich der Abbildungscharakter, die Vereinfachungseigenschaft und die Zweckorientierung, bedürfen einiger Erläuterungen anhand eines *Beispiels*.

Abb. 4.1 zeigt die *Wiener U-Bahn* und zwei verschiedene Modelle. Als erstes impliziert der *Abbildungscharakter*, dass ein Modell immer mit Referenz auf einen Bezugspunkt erstellt wird. Dies ist in diesem Fall die Wiener U-Bahn. Es kann sich hier gleichermaßen um einen realweltlichen Bezugspunkt handeln wie auch um einen imaginären. Dies kann man am Netzplan der U-Bahn gut erkennen. Bei Bauvorhaben ist es typischerweise so, dass ein imaginärer Sachverhalt im Kopf des Architekten oder hier der Streckenplaner existiert. Dieser wird in Form eines Modells expliziert. Wenn die U-Bahn nun mit ihren Teilstrecken fertiggestellt ist, können Modelle zur Veranschaulichung dieses realen Netzes erstellt werden.

Als zweiter Punkt ist der *vereinfachende Charakter eines Modells* hervorzuheben. Ein Modell ist immer einfacher als das entsprechende Original. Der Modellierer

sieht sich deshalb der Aufgabe gegenüber, aus der komplexen Vielfalt von Aspekten des Originals eine geeignete Auswahl zu treffen. Diese Auswahl wird sowohl hinsichtlich des Umfangs (Anzahl der betrachteten Konzepte, relevanter Realweltausschnitt) als auch hinsichtlich des Detaillierungsgrads (welche Details der Konzepte sind relevant) getroffen. Die Verkürzung impliziert also als Kriterium die Relevanz. Insofern muss ein Modell immer in einen klaren Zweckzusammenhang gestellt werden. Erst durch die Definition des Zwecks kann der Modellierer unterscheiden, welche Aspekte des Originals als relevant einzustufen sind und welche nicht.

B

Das zeigt sich auch in Abb. 4.1: Hier sind *zwei unterschiedliche Modelle des Streckennetzes* aufgeführt. Das Modell auf der linken Seite zeigt, wo die Strecken der verschiedenen Linien in der Stadt verlaufen. Stationen sind allerdings nicht dargestellt. Aus der Sicht eines Stadtplaners kann ein solches Modell interessant sein, um zu beurteilen, inwiefern das Netz gleichmäßig die Siedlungsfläche der Stadt abdeckt. Das rechte Modell zeigt die verschiedenen Linien, jedoch nicht maßstabsgetreu und auch nicht auf den Stadtplan projiziert. Allerdings sind die Stationen und die Umsteigemöglichkeiten benannt. Dies hilft dem Fahrgast bei der Orientierung. Offensichtlich dienen die beiden Modelle unterschiedlichen Zwecken.

Im Allgemeinen lässt sich daher festhalten, dass *Modelle stets nach zwei Gesichtspunkten zu beurteilen* sind. Einerseits ergibt sich aus dem *Bezug zum Original*, dass Elemente und Beziehungen zwischen Elementen im Modell tatsächlich für das Original gelten müssen. Andererseits spielt die *Zweckmäßigkeit* eines Modells eine große Rolle für seine Nützlichkeit. Ein Modell, das in einem Zusammenhang hilfreich ist, kann in einem anderen Zusammenhang nutzlos sein.

B

Das linke Modell der U-Bahn zeigt keine Stationsnamen und ist daher für den Fahrgast nutzlos, schlichtweg weil es nicht auf den Zweck der individuellen Fahrtstreckenplanung ausgelegt ist. Das rechte Modell folgt allerdings diesem Zweck und stellt alle relevanten Aspekte dar, um die Abfolge von Stationen und Umsteigemöglichkeiten zu planen.

Durch den unterschiedlichen Zweck ergeben sich unterschiedliche Vereinfachungen, weshalb ein Modell jeweils nur in einem bestimmten Zusammenhang von Nutzen sein kann.

4.1.2 Prinzipien des Modellierens

Ein Modell zeichnet sich durch eine vereinfachende Darstellung eines komplexen Systems aus. Die Frage ist, wie eine solche Vereinfachung im Allgemeinen

beschrieben werden kann. In diesem Zusammenhang lassen sich *drei Prinzipien des Modellierens* identifizieren. Gemeinsam tragen sie zu der Vereinfachungseigenschaft bei. Es handelt sich um die Partitionierung, die Projektion und die Abstraktion.

Die **Partitionierung** (engl.: partitioning) bezeichnet die Zerlegung eines großen Problems oder Sachverhalts in einzelne, weitgehend isolierbare Teilbereiche. Die **Projektion** (engl.: projection) beschreibt die Betrachtung eines Sachverhalts aus einer bestimmten Perspektive. Dabei werden Sachverhalte weggelassen, die für diese Perspektive nicht relevant sind. Die **Abstraktion** (engl.: abstraction) bezeichnet das Ausblenden von Details und ermöglicht so eine Konzentration auf die wesentlichen Sachverhalte.



Unterschiedliche Perspektiven können für die *Partitionierung* genutzt werden. Bei einem Geschäftsprozess kann das beispielsweise die Zerlegung der Aufgaben, der Daten oder der teilnehmenden Organisationseinheiten sein. Bei einem Informationssystem können Subsysteme wie beispielsweise funktionale Einheiten unterschieden werden.

Bei dem *Beispiel der Wiener U-Bahn* sehen wir eine Zerlegung in einzelne U-Bahn-Linien.



Oft werden die *Sichtweisen verschiedener Personengruppen* für *Projektionen* genutzt. Für Informationssysteme lässt sich eine Reihe von Rollen identifizieren, die mit dem System unterschiedliche Aufgaben verrichten. Auch in Geschäftsprozessen haben beispielsweise die Geschäftsführung und die Prozess Teilnehmer ganz unterschiedliche Sichten auf denselben Geschäftsprozess. Projektionen lassen sich aber auch auf Basis anderer Gesichtspunkte definieren. Die Projektion kann auch als bewusstes Ausblenden von irrelevanten Aspekten verstanden werden. Somit ist die sinnvolle Definition einer Projektion oft bereits ein wesentlicher Schritt zur Lösung eines Problems.

Bei dem *Wiener-U-Bahn-Beispiel* sehen wir im rechten Modell eine Projektion auf die Stationen und Umsteigemöglichkeiten. Eine gänzlich andere Projektion würde ein Modell darstellen, das in der Leitstelle zum Schalten der Weichen genutzt werden kann.



Ein wichtiger Anknüpfungspunkt für die Abstraktion ist das *Erkennen von Ähnlichkeiten* zwischen Objekten in der Realwelt und deren Beziehungen. Im Rahmen der Modellierung werden oft Ähnlichkeiten zwischen Objekten identifiziert, um entsprechende Objekttypen zu definieren. Genauso ist es im Rahmen der Prozessmodellierung. Hierbei werden ähnliche Geschäftsfälle zu Typen zusammengefasst, die als Prozesse bezeichnet werden.

B

Die beiden Modelle der *Wiener U-Bahn* benutzen verschiedene Abstraktionen. Ihnen ist gemeinsam, dass sie von den tatsächlichen Schienensträngen abstrahieren. Jede Linie hat typischerweise zwei Fahrspuren, das ist jedoch in den Modellen nicht ersichtlich. Das linke Modell blendet die Haltestellen aus, während das rechte Modell von der geografischen Lage der Linien abstrahiert.

4.1.3 Arten von Modellen

Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass sich Modelle auf einen bestimmten Sachverhalt beziehen. Dieser muss nicht der Realwelt entstammen, sondern kann auch imaginär sein. Mit Bezug auf den Zustand der Realwelt lassen sich *drei Arten von Modellen* unterscheiden: Istmodelle, Sollmodelle und Referenzmodelle. Diese Begriffe haben Sie bereits im Rahmen des Prozessmanagements kennengelernt. Sie lassen sich gleichermaßen auf Modelle im Allgemeinen anwenden.

!

Ein **Istmodell** (engl.: as-is model) ist ein Modell, das einen Sachverhalt in seinem aktuellen Zustand in der Realwelt beschreibt. Ein **Sollmodell** (engl.: to-be model) hat einen entwerfenden Charakter. Es zeigt einen Sachverhalt, wie er sich in der Zukunft darstellen soll.

Istmodelle haben einen dokumentierenden Charakter.

B

Diesen Charakter eines *Istmodells* hat zum *Beispiel* der *U-Bahn-Plan* für Fahrgäste. Er dokumentiert die Stationen und Möglichkeiten zum Umstieg, die tatsächlich aktuell vorhanden sind.

Sollmodelle haben einen entwerfenden Charakter. Sie zeigen auf, wie ein Sachverhalt sich in der Zukunft darstellen soll.

B

Sollmodelle gibt es auch für das *U-Bahn-Netz*, und zwar immer dann, wenn die Erweiterung oder der Rückbau des Streckennetzes diskutiert wird. Das Sollmodell würde dann das mögliche Streckennetz zu einem zukünftigen Zeitpunkt zeigen.

Referenzmodelle abstrahieren von einem konkreten Sachverhalt. Ein Referenzmodell versucht für eine allgemeine Problemstellung eine anerkannte Lösung darzustellen.

B

Dies kann beispielsweise ein *Modell* sein, wie im Allgemeinen die *Kreuzung zweier U-Bahn-Linien* in Form der Gleisstränge geführt werden kann.

Ein Referenzmodell kann im Zusammenspiel mit Istmodellen und mit Sollmodellen genutzt werden. Mit Blick auf ein Istmodell kann ein *Referenzmodell als Vergleichsbasis* dienen, um zu prüfen, ob die bestehende Lösung sich als gut bezeichnen lässt. Als *Empfehlung* kann ein Referenzmodell zu der Gestaltung eines Sollmodells beitragen. Hierbei hat es einen inspirierenden Charakter. In Kapitel 3 hatten wir ein Referenzmodell bereits als ein Modell definiert, das eine *anerkannt gute Lösung* für ein *häufig auftretendes Problem* bietet. Es dient als Bezugspunkt für mögliche Weiterentwicklungen eines konkreten Modells, das ähnliche Problembereiche abbildet.

Im Rahmen des *Geschäftsprozessmanagements* und der *Informationssystemmodellierung* gibt es eine Reihe von Referenzmodellen. In Kapitel 3 haben Sie bereits das Handels-H, das eTOM-Modell für Telekommunikationsunternehmen und das ITIL-Modell für das IS-Management kennengelernt. Ein weiteres Beispiel ist das Referenzmodell des Softwareherstellers SAP, das aus mehreren hundert Einzelmodellen besteht, welche die betriebswirtschaftlichen Abläufe des ERP-Systems der SAP erklären (siehe Kapitel 5). Ein anderes Beispiel ist das V-Modell XP (siehe Kapitel 8), ein Referenzmodell für den Entwicklungsprozess von komplexen Informationssystemen. Zudem gibt es das SCOR-Modell für das Management von Wertschöpfungsketten (siehe Kapitel 6).

4.1.4 Anwendungsfälle für die Modellierung

Modelle werden im Rahmen einer Vielzahl von verschiedenen Anwendungsfällen eingesetzt. Diese lassen sich grob in *zwei Klassen* unterteilen: organisationsbezogene Szenarien und informationssystembezogene Szenarien.

Organisationsbezogene Anwendungsfälle zielen darauf ab, einen Betrieb mithilfe von Modellen darzustellen, zu analysieren und zu verändern. Oft werden Modelle für Dokumentationszwecke erstellt. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn die Ablauforganisation in Form von Prozessmodellen dokumentiert wird. Darüber hinaus werden Modelle auch gefordert, um Zertifizierungsverfahren erfolgreich abzuschließen, beispielsweise für das Qualitätsmanagement. Zuletzt spielen sie auch eine wichtige Rolle in Projekten zur Organisationsverbesserung. Auf Basis von Istprozessmodellen kann eine Prozessanalyse durchgeführt werden, die dann in ein Sollprozessmodell mündet. Dieses Sollmodell bildet dann die Grundlage zur Umsetzung von organisatorischen Änderungen.

Neben diesen rein organisationsbezogenen Anwendungsfällen gibt es eine Reihe von Modellierungsanwendungen, die in die *Entwicklung oder Anpassung von Informationssystemen* münden. Ein solcher Fall ist die klassische Entwicklung von Informationssystemen. Modelle spielen eine wichtige Rolle, um die

verschiedenen Aspekte und Perspektiven auf das zu entwickelnde System darzustellen und systematisch zu erfassen. Auch bei der Auswahl von Standardsoftware sind Modelle von Bedeutung. Wenn beispielsweise ein ERP-System ausgewählt werden soll, kann mithilfe von Modellen eine Lückenanalyse durchgeführt werden. Dabei vergleicht man Modelle des Standardsystems mit Modellen, welche die betrieblichen Anforderungen darstellen. Zudem nutzt man Modelle im Rahmen von Ansätzen zur modellgetriebenen Entwicklung von Informationssystemen, um daraus Software zu generieren.

Beide Anwendungsfälle, organisationsbezogene und informationssystembezogene, trifft man gleichermaßen häufig in der betrieblichen Praxis an. Tendenziell sind Modelle in organisationsbezogenen Szenarien weniger detailliert, oft abstrahieren sie gänzlich von informationstechnischen Umsetzungen. Viele Ansätze zur Systementwicklung nutzen organisationsbezogene Modelle als Mittel der Anforderungsanalyse, um im Anschluss detaillierte, systembezogene Modelle abzuleiten.

4.1.5 Vorgehensweisen zur Modellierung

Modellierungsprojekte in der Praxis müssen sich einer Reihe von Herausforderungen stellen. Diese sind zu einem großen Teil darauf zurückzuführen, dass zumindest *zwei verschiedene Arten von Beteiligten an einem Modellierungsprojekt* teilnehmen: die Fachexperten und die Systemanalytiker.



Im Rahmen der Modellierung unterscheidet man zwei Rollen. Die Rolle des **Fachexperten** (engl.: domain expert) zeichnet sich dadurch aus, dass sie detailliertes Wissen über den Modellierungsgegenstand erfordert. Der **Systemanalytiker** (engl.: system analyst) zeichnet sich durch starke methodische Modellierungskenntnisse aus. In einem Modellierungsprojekt arbeiten Fachexperten und Systemanalytiker zusammen, um qualitativ hochwertige Modelle zu erstellen.

Im Rahmen eines Modellierungsprojekts im Bereich des *Geschäftsprozessmanagements* können wir diese *Rollen* ebenfalls finden. *Fachexperten* sind hier oft Prozessverantwortliche und Prozessteilnehmer. Sie zeichnen sich durch detailliertes Wissen über die Geschäftsprozesse in einem Betrieb aus. Typischerweise besitzen sie aber wenige Vorkenntnisse aus dem Bereich der Modellierung. Dagegen verstehen Analytiker die methodischen Grundlagen der Modellierung im Detail. Allerdings sind sie oft mit den Geschäftsprozessen des Projektpartners nicht im Detail vertraut. Daher sollten beide Parteien einen intensiven Dialog pflegen, um ein Modellierungsprojekt voranzubringen. Dem Systemanalytiker

kommt dabei die Aufgabe zu, die Prozesse auf geeignete Weise in Modellen darzustellen, damit diese in Informationssystemen abgebildet werden können (siehe auch IT-Berufsbilder in Kapitel 2).

Bei der *Durchführung eines Modellierungsprojekts* gilt es ähnliche *Herausforderungen* zu meistern wie bei der Prozesserhebung (siehe Abschnitt 3.4.1). Diese umfassen das Zusammenführen verschiedener Sichten zu einem Gesamtbild, das Heben des Abstraktionsgrads und das Verständlichmachen von Modellen gegenüber dem Fachexperten. Ebenfalls haben wir dort besprochen, dass Information für Modelle anhand von bestehender Dokumentation, Beobachtungen, Interviews und Workshops gesammelt werden kann.

Die *Erstellung eines Modells* ist ein iterativer Prozess zwischen Informationsbeschaffung und eigentlicher Modellierung. Mit Blick auf die tatsächliche Modellierung lassen sich *drei wesentliche Schritte* unterscheiden: Systemabgrenzung, Identifikation von Elementen und Benennung der Elemente.

- Die *Systemabgrenzung* ist der erste Schritt bei der Erstellung eines Modells. Mit der Systemabgrenzung wird festgelegt, wo ein relevanter Sachverhalt anfängt und wo er aufhört. Beispielsweise für einen Geschäftsprozess liefert die Systemabgrenzung eine Antwort auf die Frage, mit welchem Ereignis ein Prozess startet und mit welchem Ergebnis er abschließt. Die Systemabgrenzung hängt oft vom gewählten Zweck ab.

Für den Fahrgast bedeutet die letzte *U-Bahn-Fahrt* an einem Tag das Ende der Beförderungsmöglichkeit. Aus Sicht des U-Bahn-Personals ist der Betrieb allerdings noch nicht zu Ende, da verschiedene Abschluss- und Aufräumarbeiten durchgeführt werden müssen.

B

- Die *Identifikation der Modellelemente* orientiert sich am Modellierungszweck. Beispielsweise betrachtet man für Geschäftsprozesse die verschiedenen Funktionen, Ereignisse und Regeln, die den Prozess lenken. Datenelemente und Prozessteilnehmer sind ebenfalls meist Gegenstand eines Prozessmodells.
- Zuletzt sind geeignete *Benennungen für die Modellelemente* zu wählen. Oft ist dies nicht so schwierig. Dennoch sind hier verschiedene Klippen zu umschiffen. Zum einen ist die Benennung eng mit dem Detaillierungsgrad der Modellierung verzahnt. Dieser muss sich am Zweck orientieren. Zum anderen müssen Benennungen konsistent gewählt werden. Aus diesem Grund gibt es für verschiedene Modellierungssprachen entsprechende Benennungsregeln. Synonyme (unterschiedliche Begriffe für denselben Sachverhalt) und Homonyme (Begriffe mit mehreren Bedeutungen) sollten vermieden werden.

4.2 Modellierungssprachen



Unter einer **Modellierungssprache** (engl.: modeling language) versteht man eine künstliche Sprache, die für den Zweck der Modellierung geschaffen worden ist. Diese Sprache besteht aus einer Reihe von Konstruktionselementen (Syntax) mit vordefinierter Bedeutung (Semantik). Diese Elemente können gemäß vorgegebenen Regeln (Grammatik) zu einem Modell zusammengefügt und benannt werden.

Um die Modellierung zu erleichtern, werden verschiedene *Modellierungssprachen* verwendet, die vielfach eine grafische Notation besitzen, um möglichst leicht verständliche Diagramme zu erzeugen. Sie sind auf die Herausforderungen eines spezifischen Modellierungszwecks abgestimmt. Modellierungssprachen definieren einerseits eine formale Struktur, andererseits erfordern sie eine informelle Benennung der Elemente. Für beide Aspekte gemeinsam, Struktur und Benennung, unterscheidet man die Syntax und die Semantik (Näheres in Abschnitt 4.2.2). Zudem sind verschiedene Überlegungen zur Qualität von Modellen von Bedeutung.

4.2.1 Formale Struktur versus informelle Benennung

Wenn wir Modelle von Geschäftsprozessen und von Informationssystemen betrachten, so lässt sich die *formale Struktur* von der *informellen Benennung* unterscheiden. Abb. 4.2 zeigt eines der Beispielmamodelle aus Kapitel 3. Die Struktur dieses BPMN-Prozessmodells ergibt sich aus einer Reihe von Elementen, die mit Kanten verbunden sind. Eine Modellierungssprache definiert, welche Elementtypen in einem Modell benutzt werden dürfen. Hier im Falle der BPMN sieht man, dass die Elementtypen Aktivität, Ereignis und Schalter unterstützt werden. Zudem gibt es den Typ der Kontrollkante, welche die sachlogische Abfolge von Elementen veranschaulicht. Diese Aspekte gehören zur formalen Struktur, die eine Modellierungssprache definiert. Darüber hinaus müssen die Elemente, in verschiedenen Modellierungssprachen auch die Kanten, explizit und verständlich benannt werden. Manchmal hat der Modellierer hier Freiraum, um eine zweckmäßige Benennung zu wählen. Oft aber geben Modellierungssprachen Regeln für die Benennung vor. Man sieht hier für die BPMN, dass Aktivitäten nach einem ähnlichen grammatischen Muster benannt sind: Auf ein Substantiv folgt ein Verb im Infinitiv. Auch die Ereignisse sind ähnlich formuliert: Hier folgt ein Perfektpartizip auf ein Substantiv. Solche Benennungsregeln sind oft fest in der Modellierungssprache verankert.

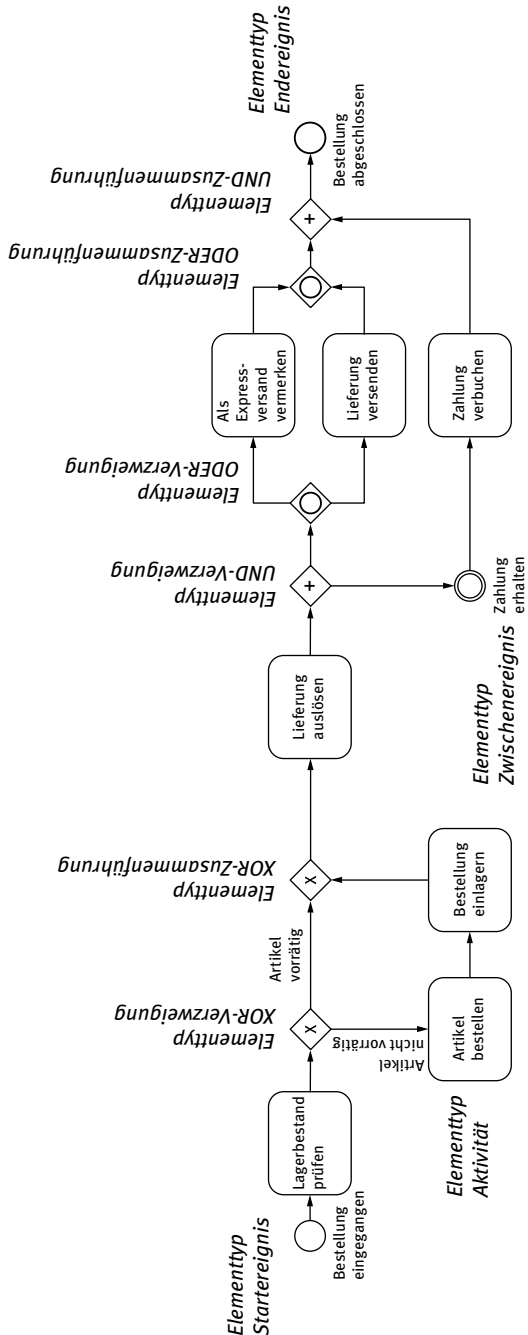


Abb. 4.2: Struktur und Benennung von Konstruktionselementen am Beispiel der BPMN

4.2.2 Syntax versus Semantik

Für eine Modellierungssprache gilt es, Syntax und Semantik zu unterscheiden. Die *Syntax* definiert, welche Elemente mit welcher Art von Benennungsmuster vorgegeben werden. Die jeweiligen Symbole sind an die einzelnen Elemente der Syntax gekoppelt. Tabelle 4.1 zeigt Konstruktionselemente der BPMN. In der ersten Zeile ist der Elementtyp *Ereignis* beschrieben. Er wird mit einem Kreis dargestellt. Die oben diskutierten Benennungsregeln sind hier nicht explizit aufgeführt. Die verschiedenen Symbole und Kantentypen werden in ihrer Gesamtheit als *Notation* bezeichnet. Die *Semantik* einer Modellierungssprache legt fest, wie die einzelnen Syntaxelemente zu interpretieren sind. So ist beispielsweise in der ersten Zeile beschrieben, dass ein Kreis so zu verstehen ist, dass an dieser Stelle in einem Geschäftsprozess ein Ereignis mit dem in der Benennung gewählten Namen eintritt oder eintreten soll.

Syntax	Semantik
	Das Ereignis mit dem Namen <Benennung> tritt ein.
	Die Aktivität mit dem Namen <Benennung> wird ausgeführt.
	Das vorangehende Element führt zum darauffolgenden Element.

Tab. 4.1: Übersicht von Syntax und Semantik einiger BPMN-Elemente

4.2.3 Modellierungsqualität

In verschiedenen Studien wird belegt, dass sich die *Modellierungsqualität* positiv auf den Erfolg des Modellierungsprojekts auswirkt. Daher sollten alle Modelle auf ihre Qualität geprüft und, wenn erforderlich, verbessert werden. Verschiedene Rahmenwerke sind definiert worden, um die Qualität von Modellen sicherzustellen. Eines davon sind die *Grundsätze ordnungsmäßiger Modellierung*. Abb. 4.3 stellt die sechs verschiedenen Aspekte dar, die gemeinsam die Grundsätze ordnungsmäßiger Modellierung ausmachen. Dies sind *Richtigkeit*, *Relevanz*, *Wirtschaftlichkeit*, *Klarheit*, *Vergleichbarkeit* und *Systematik*.

Die **Grundsätze ordnungsmäßiger Modellierung** (engl.: guidelines of modeling) beschreiben die Richtigkeit, Relevanz, Wirtschaftlichkeit, Klarheit, Vergleichbarkeit und Systematik als wesentliche Qualitätskriterien der Modellierung. !

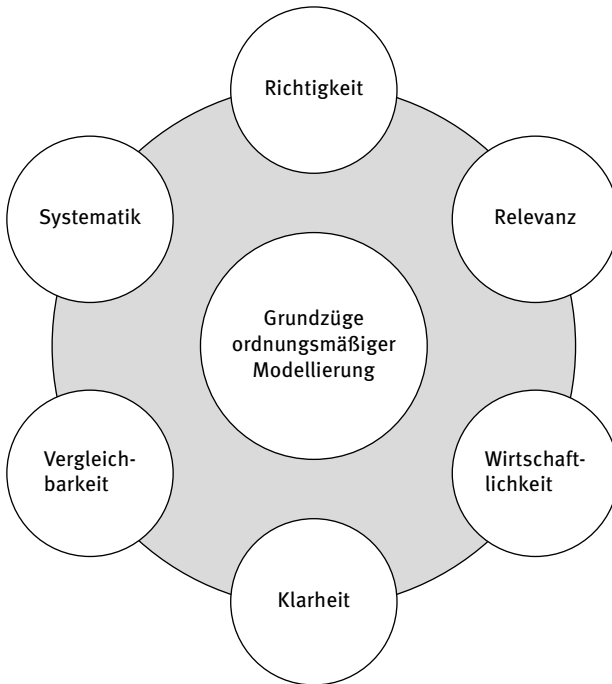


Abb. 4.3: Sechs Perspektiven der Grundzüge ordnungsmäßiger Modellierung

Die *Richtigkeit* bezieht sich auf das Verhältnis zwischen dem Original und dem Modell. Die Elemente und deren Beziehungen im Modell müssen mit dem entsprechenden Sachverhalt der Realwelt in Einklang sein. Darüber hinaus muss das Modell auch den Regeln und Vorgaben der benutzten Modellierungssprache entsprechen. Das Kriterium der *Relevanz* unterstreicht den Zweckbezug eines Modells. Solche Sachverhalte, die für den Modellierungszweck von Bedeutung sind, müssen im Modell dargestellt werden, andere sollten ausgeblendet werden. Das Kriterium der *Wirtschaftlichkeit* relativiert die Relevanz. Es können auch relevante Sachverhalte ausgeblendet werden, wenn der Aufwand, sie im Detail zu erheben, zu groß ist. Das Kriterium der *Klarheit* verlangt eine gute Verständlichkeit des Modells. Dies kann auf verschiedene Art erreicht werden, beispielsweise durch eine übersichtliche Anordnung der Elemente. Die *Vergleichbarkeit* zielt auf Modellierungsvorhaben ab, in denen mehrere Modelle erstellt werden. In der Praxis haben große Betriebe oft mehrere

hundert bis zu einige tausend Modelle allein von Geschäftsprozessen. Diese Modelle sind mit Blick auf verschiedene Aspekte vergleichbar zu gestalten. Rein optisch sollten sie dieselbe Leserichtung benutzen. Bei Prozessmodellen kann man typischerweise zwischen einer Orientierung von links nach rechts oder von oben nach unten wählen. Zudem ist die Nutzung einer einheitlichen Terminologie sicherzustellen. Das Kriterium der *Systematik* bezieht sich auf den Aufbau und die Gliederung einer größeren Modellsammlung. Im Anschluss wird ein Konzept vorgestellt, welches einen Beitrag zu einem systematischen Aufbau liefert.

4.3 ARIS-Architekturmodell

Die Modellierung spielt eine wichtige Rolle bei der Gestaltung von Betrieben und deren Informationssystemen. Eine wesentliche Zielsetzung ist es in diesem Zusammenhang, die Komplexität des Betriebs beherrschbar zu machen. Hierbei helfen Informationsarchitekturen.



Die **Informationsarchitektur** (engl.: information systems architecture) ist die gesamtheitliche Beschreibung der Prozesse, Organisationsstrukturen, Funktionen, Daten und Kommunikationsbeziehungen der Informationssysteme eines Betriebs.

Diese Betrachtung liegt auch der *Architektur integrierter Informationssysteme (ARIS)* zugrunde, die von Scheer (1995) entwickelt wurde. ARIS ist ein Integrationskonzept, das aus einer ganzheitlichen Betrachtung von Geschäftsprozessen abgeleitet wird. Die ganzheitliche Betrachtung zieht allerdings eine hohe Komplexität der entstehenden Modelle nach sich. In ARIS wird die Komplexität durch zwei Strategien reduziert: erstens, die Zerlegung von komplexen Prozessen in verschiedene *Sichten*, und zweitens die Beschreibung dieser Sichten auf unterschiedlichem Abstraktionsniveau in jeweils drei *Beschreibungsebenen*.

4.3.1 Sichten

ARIS unterscheidet folgende *fünf Sichten* auf ein Informationssystem (siehe Abb. 4.4):

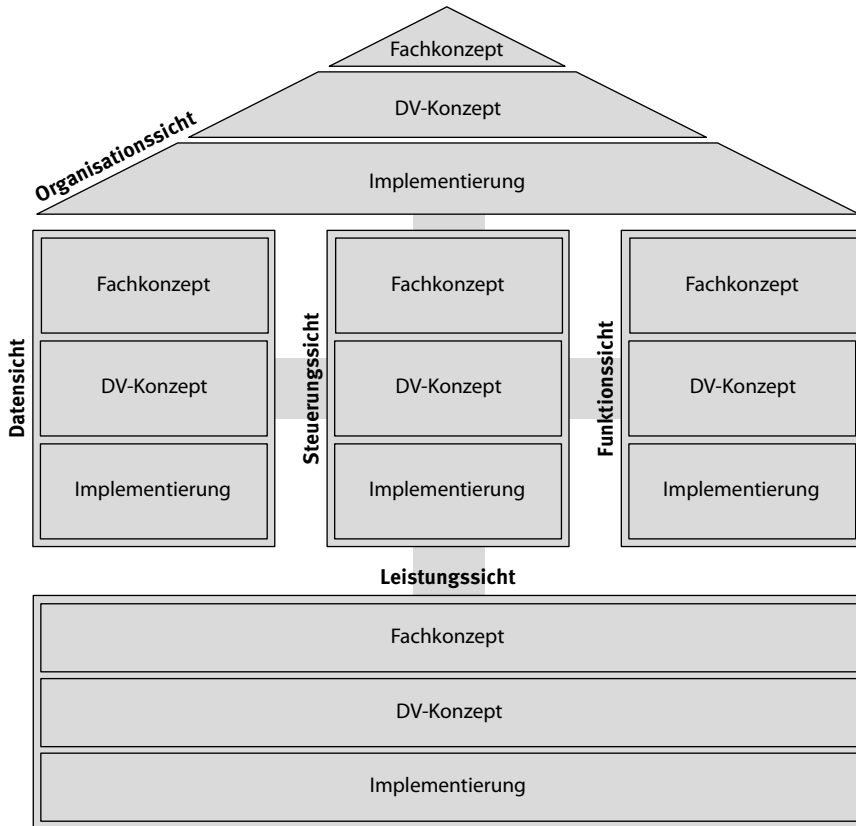


Abb. 4.4: ARIS-Architekturmodell

- **Organisationssicht:** Zentraler Betrachtungspunkt der Organisationssicht sind die Elemente der Aufbauorganisation eines Betriebs, wie beispielsweise Standorte, Organisationseinheiten, Stellen und Stelleninhaber. In der Organisationssicht wird die Arbeitsteilung des Betriebs definiert, es werden damit die Verantwortlichkeiten für Aufgabenbereiche vorgegeben.
- **Funktionssicht:** In der Funktionssicht werden die zu erfüllenden Funktionen und deren Zusammenhänge beschrieben. Funktionen sind dabei als Arbeitsverrichtungen zur Erreichung vorgegebener operationaler Ziele (wie beispielsweise das Erstellen einer Rechnung oder Buchung eines Flugs) zu verstehen. Funktionen können Elementen der Organisationssicht zugeordnet werden (beispielsweise wenn sie von Organisationseinheiten erbracht werden) und werden in einem Informationssystem durch Dienste bereitgestellt.
- **Datensicht:** Zentraler Betrachtungspunkt der Datensicht ist die Definition der Daten, die in einem Informationssystem verfügbar sein sollen. Diese Da-

ten sind Grundlage für alle Funktionen und Abläufe, wodurch der Modellierung der Eigenschaften der Daten eine hohe Bedeutung zukommt. In der Datensicht werden die Gegenstände des zu beschreibenden Realweltabschnitts mit ihren Attributen und Beziehungen beschrieben.

- *Steuerungssicht*: Durch die Steuerungssicht werden die zu realisierenden Prozesse definiert. Hierfür werden die Ereignisse spezifiziert, die Funktionen auslösen (oder die von Funktionen ausgelöst werden) und die Reihenfolge der Abarbeitung festgelegt. Die Steuerungssicht dient insofern der Zusammenführung der weiteren Sichten und definiert deren Zusammenspiel (Ereignisse lösen Funktionen aus, die von Mitarbeitern in Organisationseinheiten erbracht werden; die Funktionen greifen auf Daten zu und erbringen Leistungen). Durch die Steuerungssicht werden die Geschäftsprozesse eines Betriebs modelliert.
- *Leistungssicht*: Ergebnisse von Prozessen werden in ARIS als Leistung bezeichnet. Der Bedarf an einer Leistung löst die Ausführung von Prozessen zur Erstellung dieser Leistung aus. Der Leistungsbegriff in ARIS umfasst eine Reihe unterschiedlicher Leistungsarten, wie Sach- und Dienstleistungen, und kann auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen verwendet werden. In der Terminologie von ARIS ist eine Leistung ein Produkt. Informationsdienstleistungen werden auf Datenobjekte abgebildet.

In ARIS werden für die gewählten Abstraktionen (beispielsweise Funktionen, Ereignisse und Organisationseinheiten) grafische Symbole vorgeschlagen, die in Modellen dargestellt werden. Für die Modellierung der einzelnen Sichten existieren (je nach Abstraktion) verschiedene Modellierungssprachen, die noch im Detail vorgestellt werden.

4.3.2 Beschreibungsebenen

Um die Komplexität innerhalb der Sichten beherrschbar zu machen, werden in ARIS innerhalb jeder der Sichten *drei Beschreibungsebenen* unterschieden. Die Ebenen differieren in ihrer Nähe zur Informationstechnik und verweisen gedanklich auf ein Vorgehen des schrittweisen Verfeinerns (siehe Abb. 4.4).

Ausgangspunkt der Betrachtung ist immer eine betriebswirtschaftliche Problemstellung wie beispielsweise die Gestaltung eines Geschäftsprozesses. In einem ersten Schritt wird diese Problemstellung präzisiert und in einer formalisierten Beschreibungssprache dargestellt. Diese Ebene wird als *Fachkonzept* bezeichnet. Das Fachkonzept ist noch eng an die betriebswirtschaftliche Problemstellung gekoppelt. Es enthält noch keine Aussagen über Informationssysteme.

Auf Ebene des *DV-Konzepts* (Abkürzung für *Datenverarbeitungskonzept*) werden die Begriffe des Fachkonzepts in die notwendigen Beschreibungselemente der Informationstechnik übertragen. Die dritte Ebene der *Implementierung* beschreibt schließlich die konkreten hardware- und softwaretechnischen Komponenten.

Jede Ebene ist durch unterschiedliche Änderungszyklen gekennzeichnet. Je weiter man von der abstrakten Ebene konkretisiert, desto mehr Detailsentscheidungen werden notwendig und desto häufiger sind Änderungen zu erwarten.

4.4 Modellierung betrieblicher Strukturen

Die Strukturen eines Betriebs werden im ARIS-Modell im Rahmen der Organisationssicht und der Funktionssicht dargestellt. Hier werden *Modellierungssprachen für vier wesentliche Strukturen eines Betriebs* besprochen: das *Zieldiagramm* zur Beschreibung der Zielhierarchie, der *Funktionshierarchiebaum* zur Beschreibung der Aufgabengliederung, das *Organigramm* zur Beschreibung der Stellengliederung und der *Produktbaum* zur Beschreibung von Produkthierarchien. Diese Modellierungssprachen folgen dem Prinzip, dass ihre Elemente in eine Reihe von untergeordneten Elementen zerlegt werden. Diese ausgewählten Sprachen beschreiben eine Auswahl aus der ARIS-Methode. Neben ARIS gibt es unter anderem die verschiedenen Modelle der *UML* (Abkürzung von engl.: unified modeling language). Diese werden auf der Ebene der Systementwicklung eingesetzt und hier nicht im Detail besprochen.

4.4.1 Zieldiagramme

Zieldiagramme stellen die Hierarchie von Zielen eines Betriebs dar. In ARIS sind sie der Funktionssicht auf der Fachkonzeptebene zugeordnet. Zieldiagramme dienen dazu, die übergeordneten Zielsetzungen eines Betriebs explizit zu machen. Sie helfen dabei, Zielkonflikte zu identifizieren, die oft nur implizit und unterschwellig vorhanden sind. Zieldiagramme können sowohl für einen ganzen Betrieb erstellt werden als auch für ein einzelnes Projekt. Dies ist insbesondere hilfreich, um den Zweck der Modellierung herauszuarbeiten. Damit fällt es dann leichter, Entscheidungen darüber zu treffen, was in ein Modell einbezogen werden soll und was nicht.

Zieldiagramme (engl.: goal model) stellen die Zerlegung von betrieblichen Zielen in eine Hierarchie von untergeordneten Zielen dar. Sie werden in ARIS der Funktionssicht zugeordnet.



Abb. 4.5 zeigt das *Beispiel eines Zieldiagramms*. An der Spitze steht ein sehr allgemeines Ziel, das Schritt für Schritt in spezifischere Teilziele zerlegt wird. Auf dem Wege dieser Zerlegung wird erwartet, dass die feingliedrigeren Ziele zunehmend „smarter“ werden. *Smart* steht hierbei für die Anfangsbuchstaben von fünf Kriterien der Zielformulierung. Ziele sollen spezifisch (s), messbar (m), akzeptiert (a), realistisch (r) und terminierbar (t) sein (sprich einen Zeitbezug haben). Je tiefer man sich im Zieldiagramm nach unten bewegt, desto „smarter“ sollen die Ziele sein. Auf der untersten Ebene sind Zielen dann oft konkrete Erfolgsfaktoren und Funktionen zugeordnet, die helfen, ein Ziel zu erreichen. Die Abbildung zeigt zudem, dass Ziele typischerweise in Form einer Referenzgröße, beispielsweise „Kosten“, und einer Bewegungsrichtung, beispielsweise „senken“, formuliert werden. Diese Bewegungsrichtung wird mithilfe eines Verbs angezeigt, das entweder auf eine Erhöhung oder Senkung hindeutet oder darauf, dass ein Wert konstant bleiben soll.

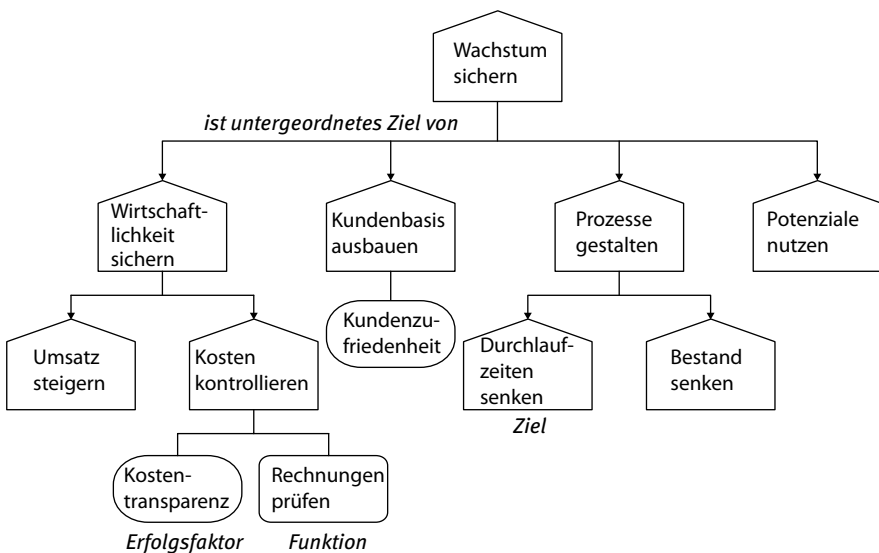


Abb. 4.5: Zielyerarchiediagramm mit Bezeichnung der Konstruktionselemente

4.4.2 Funktionshierarchieebenen

In der *Funktionssicht von ARIS* werden die von einem Informationssystem zu unterstützenden Funktionen und deren Zusammenhänge beschrieben. Eine *Funktion* ist eine wohldefinierte Vorschrift zur Arbeitsverrichtung, um vorgege-

bene operationale Ziele (Zweck der Funktion) auf Basis von Ausgangsdaten zu erreichen. In der Mathematik ist eine Funktion als eine eindeutige Vorschrift definiert, um aus Eingabewerten (Input) einen Ausgabewert (Output) zu ermitteln. Im betrieblichen Kontext wird diese Definition weiter gefasst. Hier stehen weniger die Aus- und Eingabewerte im Vordergrund, sondern mehr die Arbeitsverrichtungen oder die Veränderung eines Systemzustands.

Beispiele für betriebliche Funktionen sind das Erstellen einer Rechnung, die Buchung eines Flugs, die Erfassung eines Belegs oder die Veränderung eines Lagerbestands. B

Bei einer Beschreibung von Funktionen auf Fachkonzeptebene können diese hierarchisch in Unterfunktionen zerlegt werden, wodurch *Funktionshierarchiebäume* entstehen. Abb. 4.6 zeigt die Notation eines Funktionshierarchiebaums nach ARIS, wobei die Pfeilspitzen die hierarchische Verfeinerung ausdrücken. Die Funktionen können auch Elementen der Organisationssicht zugeordnet werden, wodurch eine Verknüpfung der beiden Sichten erreicht wird. Es kann beispielsweise definiert werden, dass gewisse Funktionen von einer Organisationseinheit oder einem Stelleninhaber ausgeführt werden sollen.

Der **Funktionshierarchiebaum** (engl.: function hierarchy tree) stellt die Zerlegung von betrieblichen Funktionen in eine Hierarchie von Unterfunktionen dar. Funktionshierarchiebäume dienen zur Beschreibung der Funktionssicht in ARIS. !

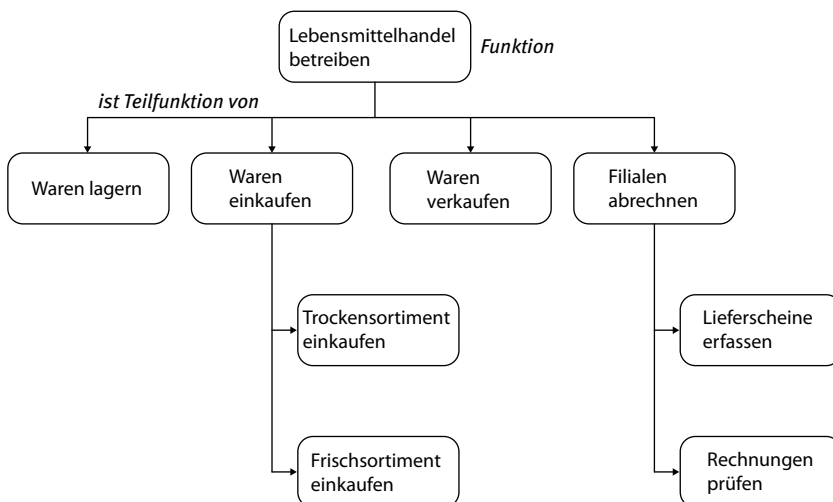


Abb. 4.6: Funktionshierarchiebaum mit Bezeichnung der Konstruktionselemente

4.4.3 Organigramme

In der Organisationssicht von ARIS wird die Aufbauorganisation eines Betriebs dargestellt. Diese umfasst die Aufgabenverteilung auf organisatorische Einheiten (Stellengliederung) und die Kommunikationsbeziehungen (Berichtswege, Anordnungsbefugnisse) zwischen diesen. Beispielsweise wird dabei beschrieben, welche Abteilungen und Stellen existieren und welche Mitarbeiter zu diesen Organisationseinheiten gehören oder welche Rollen diese wahrnehmen. Auf diese Weise können die Verantwortlichkeiten für Funktionen in einem Betrieb dokumentiert werden. Das wichtigste Hilfsmittel für die Beschreibung auf der Fachkonzeptebene der Organisationssicht ist das *Organigramm*.

In der Praxis existieren *zahlreiche Notationen zur Darstellung von Organigrammen*. Wir stellen in diesem Abschnitt eine Untermenge der Notation von ARIS vor, die eine Vielzahl von Konstruktionselementen für Organigramme vorsieht. Abb. 4.7 zeigt ein einfaches Organigramm auf hoher abstrakter Ebene.

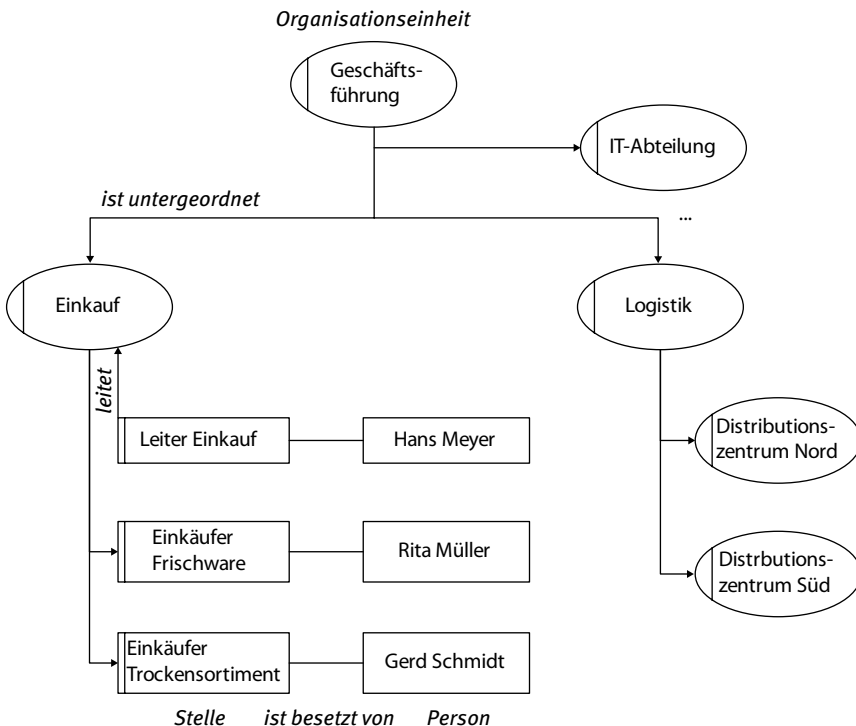


Abb. 4.7: Organigramm mit Bezeichnung der Konstruktionselemente

In **Organigrammen** (engl.: organization chart) werden gemäß der gewählten Strukturierungskriterien die gebildeten Organisationseinheiten mit ihren Beziehungen grafisch dargestellt. Organisationseinheiten sind Träger der zum Erreichen der Unternehmensziele durchzuführenden Aufgaben. Organigramme dienen zur Beschreibung der Organisationsicht in ARIS.



ARIS sieht zahlreiche *Konstruktionselemente für Organigramme* vor. Die wichtigsten Konstruktionselemente sind *Organisationseinheiten* (typischerweise Abteilungen), *Stellen* (ein *Arbeitsplatz* zur Erfüllung der in einer *Stellenbeschreibung* spezifizierten Funktionen) und *Personen* (Stelleninhaber, konkrete Mitarbeiter). Zusätzlich können in ARIS beispielsweise noch *Standorte*, *Kostenstellen*, *Gruppen* (beispielsweise Projektgruppen) und Verweise auf weitere *Organigramme* eingetragen werden. Für alle in diesem Abschnitt diskutierten Konzepte sieht ARIS unterschiedliche grafische Symbole vor. Die Konstruktionselemente des Organigramms werden durch gerichtete Kanten (mit Pfeil) und ungerichtete Kanten (ohne Pfeil) verbunden, um die Zusammenhänge zwischen diesen Elementen auszudrücken. Die gerichteten Kanten drücken eine hierarchische Ordnung (eine Organisationseinheit ist Teil einer anderen) aus, während die ungerichteten Kanten einen Zusammenhang darstellen (beispielsweise, dass eine Person eine Stelle inne hat oder dass eine Organisationseinheit sich an einem Standort befindet). Abb. 4.7 zeigt ein einfaches Organigramm aus dem Bereich des Lebensmitteleinzelhandels. Der Geschäftsführung untergeordnet sind die Organisationseinheiten Einkauf und Logistik. Der Begriff Logistik umfasst die Materialwirtschaft und den Transport. Diese behandeln wir in Kapitel 5 im Detail.

4.4.4 Produktbäume

Produktbäume beschreiben die hierarchische Zusammensetzung von Leistungen. In ARIS sind sie der Leistungssicht auf der Fachkonzeptebene zugeordnet. Diese Leistungen, egal ob physische Produkte oder Dienstleistungen, werden mithilfe eines Produktbaums in ihre Bestandteile zerlegt. Diese Bestandteile können beispielsweise Zwischenprodukte in der Produktion sein oder auch Vorleistungen, die von Dritten bezogen werden. Anhand eines Produktbaums ist ersichtlich, welche Teilprodukte in welcher Reihenfolge bereitgestellt werden müssen, um ein Endprodukt zu erhalten. Mithilfe von Produktbäumen kann man Stücklisten beschreiben, die in der Produktion als Verzeichnis der Mengen aller Rohstoffe, Teile und Baugruppen eingesetzt werden (siehe Kapitel 5).



Produktbäume (engl.: product tree) stellen die Zerlegung von Produkten in eine Hierarchie von Teilprodukten dar. Sie werden in ARIS der Leistungssicht zugeordnet.

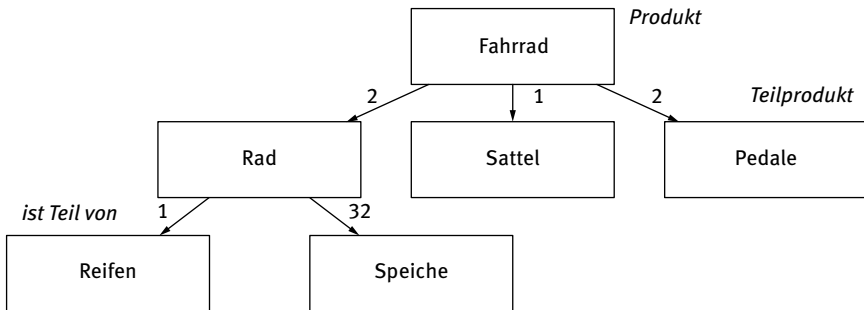


Abb. 4.8: Produktbaum mit Bezeichnung der Konstruktionselemente

Abb. 4.8 zeigt das Beispiel eines Produktbaums für die Konstruktion eines Fahrrads. Anhand der Zerlegungsbeziehungen kann man nachvollziehen, welche Bestandteile man beschaffen oder produzieren muss, um ein Fahrrad fertigstellen zu können. Man sieht hier, dass ein Fahrrad unter anderem aus zwei Rädern, einem Sattel und zwei Pedalen besteht. Jedes Rad ist wiederum unter anderem aus einem Reifen und 32 Speichen zusammengesetzt. Das bedeutet, dass man für ein Fahrrad $2 \cdot 32$ Speichen benötigt. Produktbäume sind ein wichtiges Hilfsmittel der Beschaffung, da man aus ihnen ablesen kann, was für die Produktion benötigt wird. Die Prinzipien des Produktbaums lassen sich nicht nur für physische Produkte wie Fahrräder anwenden, sondern auch für Dienstleistungen und Finanzprodukte. Mit ihnen kann man beispielsweise auch beschreiben, dass für die Eröffnung eines Bankkontos eine Prüfung der Kreditwürdigkeit und eine Prüfung des Personalausweises vorliegen muss. Diese beiden Prüfungen werden im Produktbaum als Teilprodukte des Produkts „Kontoeröffnung“ beschrieben.

4.5 Modellierung von Geschäftsprozessen

Die *Modellierung von Geschäftsprozessen* spielt eine wichtige Rolle bei der Gestaltung von Betrieben und deren Informationssystemen. Die systematische Erfassung von Prozessen ist ein wesentliches Hilfsmittel, um die Kommunikation zwischen Fachabteilung und IT-Abteilung zu vereinfachen. Für Geschäftsprozesse existiert eine Vielzahl von Modellierungskonzepten.

4.5.1 Wertschöpfungskettendiagramme

Ein *Wertschöpfungskettendiagramm* beschreibt, wie Prozesse auf einem abstrakten Niveau zusammenspielen. In ARIS sind sie der Steuerungssicht auf der Fachkonzeptebene zugeordnet. Wertschöpfungskettendiagramme werden in Betrieben dazu benutzt, eine Gesamt- oder Teilübersicht der Ablauforganisation zu veranschaulichen.

Das **Wertschöpfungskettendiagramm** (engl.: value chain diagram) stellt betriebliche Prozesse auf einem abstrakten Niveau dar und veranschaulicht, wie die dargestellten Prozesse miteinander zusammenhängen. Sie dienen in ARIS zur Beschreibung der Steuerungssicht.

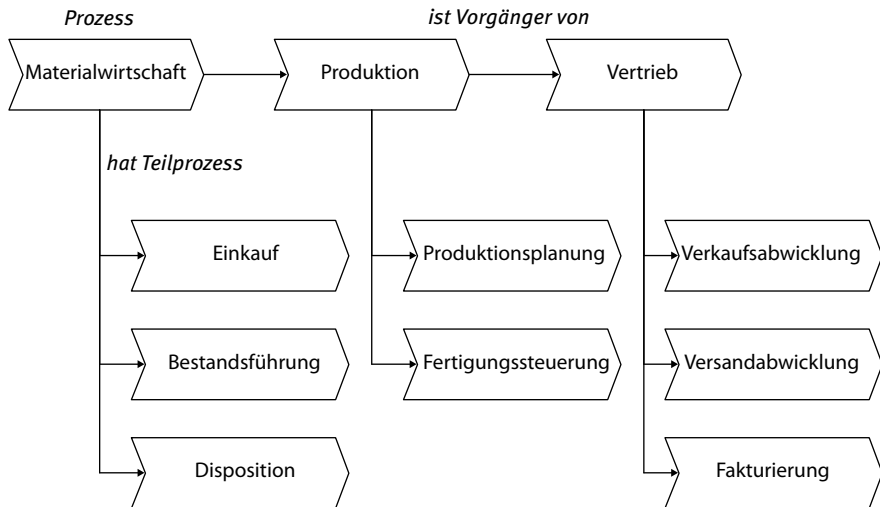


Abb. 4.9: Wertschöpfungskette mit Bezeichnung der Konstruktionselemente

Abb. 4.9 zeigt ein Beispiel für ein *Wertschöpfungskettendiagramm*. Prozesse werden dabei als Hexagone dargestellt, die nach rechts zeigen. Die Beschriftung eines solchen Prozesses verweist typischerweise auf eine Verrichtung. Sie wird in diesem Diagramm oft als Substantiv formuliert. Das Wertschöpfungskettendiagramm unterscheidet zwei Typen von Kanten. Die Kanten zwischen Materialwirtschaft und Produktion sowie zwischen Produktion und Vertrieb beschreiben eine Vorgänger-Nachfolger-Beziehung. Die Kanten zwischen einerseits Materialwirtschaft und andererseits Bestandsführung und Disposition bezeichnen eine Teilprozess-Relation. Dies bedeutet, dass Disposition ein Teil der Materialwirtschaft ist. In einigen Modellierungswerkzeugen werden diese Kantentypen nicht explizit optisch unterschieden (wie auch hier in dem Beispiel). Es empfiehlt sich

daher die Klarheit des Modells mithilfe der Positionierung der Elemente, einer Beschriftung der Kanten oder einer anderen Kantenfarbe zu erreichen.

Wertschöpfungskettendiagramme werden insbesondere für die *Modellierung von Prozesslandkarten* benutzt. Eine Prozesslandkarte ist eine abstrakte Übersicht des gesamten Betriebs aus Prozesssicht in einem einzigen Modell. In einer solchen Prozesslandkarte werden meist drei Kategorien von Prozessen unterschieden: sogenannte Haupt- oder Kernprozesse, die im Wesentlichen die Leistungserstellung des Betriebs darstellen, Unterstützungsprozesse, wie Personalwesen oder Rechnungswesen, die von jeder Art von Betrieb durchgeführt werden müssen, sowie Managementprozesse, die den Betrieb steuern. Abb. 4.10 zeigt ein Beispiel einer Prozesslandkarte der Wiener Linien.

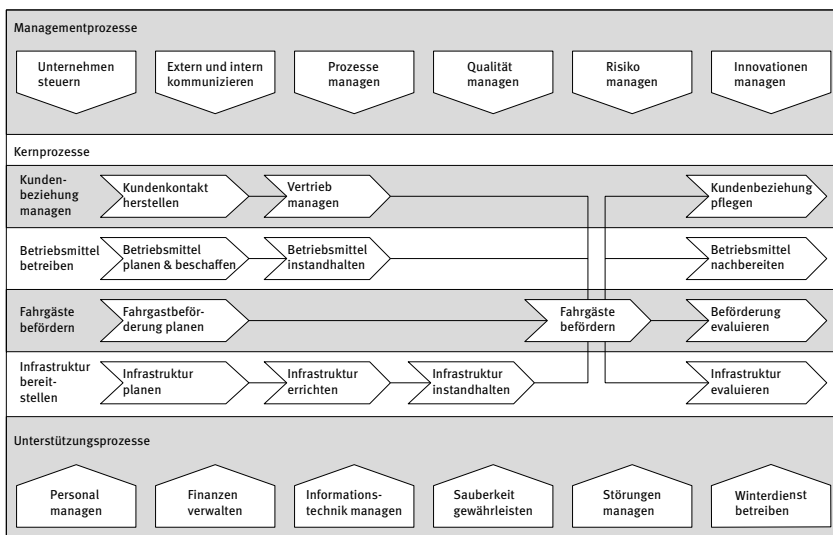


Abb. 4.10: Prozesslandkarte der Wiener Linien (Quelle: Steinbauer, Ossberger, Dorazin 2012)

4.5.2 BPMN-Prozessmodelle

Die BPMN (Abkürzung von *Business Process Model and Notation*) ist eine Modellierungssprache zur Darstellung von Geschäftsprozessen.



Die **BPMN** (Abkürzung von **Business Process Model and Notation**) ist eine Modellierungssprache, um den Ablauf eines Prozesses im Hinblick auf zeitlich-sachlogische Abhängigkeiten zwischen *Aktivitäten* (engl.: activity, task) und *Ereignissen* (engl.: event) zu beschreiben. *Gatter* (engl.: gateway) beschreiben Entscheidungen und Parallelausführungen.

Die BPMN wird der Steuerungssicht auf der Fachkonzeptebene zugeordnet.

Im einfachsten Fall zeigt ein BPMN-Modell die Abfolge von Aktivitäten und Ereignissen. Aktivitäten bezeichnen die Verrichtungen des Prozesses. Sie werden meist mithilfe von zwei Wörtern formuliert: einem Geschäftsobjekt, das vorangestellt wird (beispielsweise „Bestellung“), und einem Verb (beispielsweise „abschließen“). Daraus ergibt sich dann die Beschriftung „Bestellung abschließen“. Ereignisse stellen in BPMN-Modellen die Zustände und Bedingungen dar, die Funktionen auslösen oder von ihnen hervorgerufen werden. Sie werden ebenfalls mithilfe eines Geschäftsobjekts und eines Verbs beschrieben, wobei das Verb als Perfektpartizip formuliert wird (beispielsweise „Bestellung ist abgeschlossen“). Ein Gatter drückt eine Verzweigung beziehungsweise eine Zusammenführung aus. In einem BPMN-Modell können unter anderem drei Arten von Gattern genutzt werden:

- *XOR-Gatter*: Die XOR-Verzweigung beschreibt einen Entscheidungspunkt. Die Beschriftungen der ausgehenden Kanten spezifizieren die entsprechenden Bedingungen. Diese müssen einander ausschließen, sodass nur eine der Alternativen verfolgt wird. Die XOR-Zusammenführung führt diese Verzweigung wieder zusammen.
- *UND-Gatter*: Die UND-Verzweigung beschreibt einen Punkt, an dem in parallele Pfade verzweigt wird. All diese Pfade sind nebenläufig auszuführen. Die UND-Zusammenführung synchronisiert diese Pfade und leitet die Kontrolle erst weiter, wenn diese allesamt abgeschlossen sind.
- *ODER-Gatter*: Die ODER-Verzweigung beschreibt einen Entscheidungspunkt, zu dem eine, mehrere oder auch alle der folgenden Alternativen gewählt werden können. Die ODER-Zusammenfassung synchronisiert die Pfade, die ausgewählt wurden, und schaltet dann weiter. Die Abb. 4.11 zeigt ein entsprechendes Beispiel. Dort ist der Fall dargestellt, dass verschiedene Artikel auf unterschiedlichem Weg versendet werden können.

Für BPMN-Modelle sind folgende Konstruktionsregeln zu beachten.

- Jeder Ablauf eines BPMN-Modells beginnt mit einem oder mehreren *Startereignissen* und endet mit einem oder mehreren *Endereignissen*. Startereignisse haben keine eingehende Kante, Endereignisse keine ausgehende Kante.
- Aktivitäten und Ereignisse dürfen niemals mehr als eine eingehende und eine ausgehende Kante haben.
- Eine Verzweigung und die entsprechende Zusammenführung müssen vom gleichen Typ sein.

4.5.3 Verschiedene Sichten in BPMN-Prozessmodellen

ARIS sieht vor, dass die Steuerungssicht die verschiedenen anderen Sichten integriert. BPMN bietet entsprechende Elemente an, um diese Integration in einem Prozessmodell zu erreichen.

Organisationseinheiten und Rollen werden mithilfe sogenannter *Schwimmbahnen* (engl.: swim lane) dargestellt. Es gibt einige Symbole, um Datenobjekte zu veranschaulichen. Abb. 4.11 zeigt ein entsprechendes Beispiel. Hier sieht man, dass durch die Zuordnung von Aktivitäten zu Schwimmbahnen die Verantwortlichkeit einzelner Organisationseinheiten dargestellt werden kann. Zudem erkennt man die Eingabe- und Ausgabeinformation einzelner Aktivitäten. Beispielsweise sieht man, dass drei Organisationseinheiten am Bestellvorgang beteiligt sind. Sie sind durch die jeweiligen Schwimmbahnen ersichtlich. Diese sind Vertrieb, Logistik und Buchhaltung. Zudem erkennt man, dass mithilfe der Aktivität „Artikel bestellen“ das Datenobjekt „Bestellung“ erzeugt wird, und dass die Aktivität „Zahlung verbuchen“ Daten in das ERP-System schreibt.

Der Bestellprozess veranschaulicht zudem das Zusammenspiel von Verzweigungen und Zusammenführungen verschiedenen Typs. Die XOR-Verzweigung nach der Prüfung des Lagerbestands bestimmt, ob die erforderlichen Artikel vorrätig sind. Wenn nicht, ist eine Bestellung erforderlich. Wenn die Lieferung ausgelöst wird, löst die UND-Verzweigung zwei parallele Pfade aus: die Aktivitäten für den Versand und die Aktivitäten für die Zahlungsverbuchung. Für das Versenden der Lieferung gibt es zwei Möglichkeiten: das einfache Versenden der Lieferung oder zusätzlich die Nutzung eines Expressvermerks. Die ODER-Verzweigung zeigt an, dass mindestens eine Option gewählt werden muss, aber auch mehrere Optionen möglich sind.

4.5.4 DMN-Entscheidungstabellen

Entscheidungen in Prozessen erfolgen meist auf der Grundlage von vorher definierten Regeln. Ein Datenobjekt „Bestellung“ hat beispielsweise ein Attribut „Rechnungsbetrag“, welches den Wert der Bestellung in Euro angibt. Ob nun ein Kunde als kreditwürdig eingestuft wird, liegt unter anderem am Rechnungsbetrag. Die Entscheidung, ob eine Bestellung bestätigt wird, kann man als Entscheidungstabelle beschreiben. Eine Modellierungssprache für Entscheidungstabellen ist die DMN (Abkürzung von Decision Model and Notation).

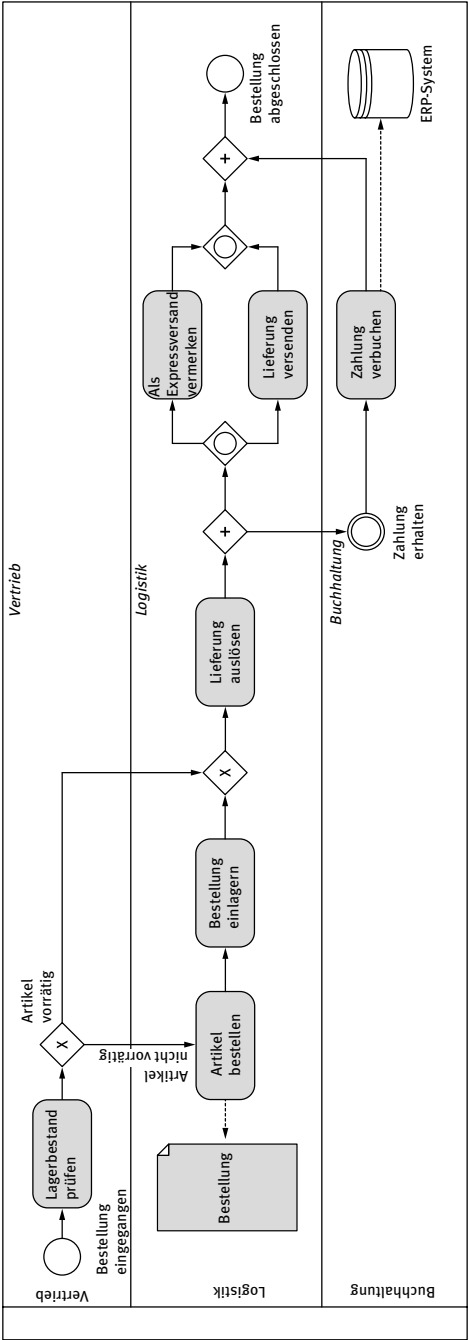


Abb. 4.11: BPMN-Modell eines Bestellprozesses



Die **DMN** (Abkürzung von **Decision Model and Notation**) ist eine Modellierungssprache, um den Zusammenhang zwischen *Entscheidungen* und *Daten* zu beschreiben. DMN definiert unter anderem ein Format für Entscheidungstabellen.

Tab. 4.2 zeigt das Beispiel einer Entscheidungstabelle, die in einem Bestellprozess benutzt wird. Die Tabelle zeigt den Ausgabewert „Kreditwürdig“ auf der rechten Seite mit einem Wertebereich von hoch, mittel und niedrig. Diese Werte werden mithilfe der Werte der zwei Eingabeattribute „Kreditkarte angegeben“ (Ja oder Nein) und „Rechnungsbetrag“ (Zahl größer 0) bestimmt. Jede Zeile stellt eine Regel dar, um einen Ausgangswert zu bestimmen.

Für Entscheidungstabellen sollte stets überprüft werden, dass eine Kombination von Eingabewerten (hier: Kreditkarte angegeben und Rechnungsbetrag) nur für eine Zeile gültig ist. Zudem sollte die Tabelle vollständig sein. Das heißt, dass es für jede Kombination von Eingabewerten auch einen Ausgabewert geben soll. Wir entnehmen der Entscheidungstabelle zum Beispiel, dass bei der Angabe einer Kreditkarte und einem Rechnungsbetrag von 800 die Kreditwürdigkeit als mittel eingestuft wird.

Kreditwürdigkeit		
Kreditkarte angegeben	Rechnungsbetrag	Kreditwürdig
Ja, Nein	> 0	hoch, mittel, niedrig
Ja	[0...499]	hoch
Ja	[500...999]	mittel
Ja	[1000...]	niedrig
Nein	> 0	niedrig

Tab. 4.2: Entscheidungstabelle zur Prüfung der Kreditwürdigkeit

4.6 Modellierung von Daten

Die Modellierung von Daten spielt eine wesentliche Rolle bei der Spezifikation von Informationssystemen. Im Folgenden wird das *Entity-Relationship-Modell* vorgestellt. Zudem wird diskutiert, wie man Datenobjekte eindeutig identifizieren kann.

4.6.1 Elemente des Entity-Relationship-Modells

Die heute wichtigste und am weitesten verbreitete Beschreibungssprache für konzeptionelle Datenmodelle ist das *Entity-Relationship-Modell*.

Das **Entity-Relationship-Modell** (Abkürzung: ER-Modell, engl.: entity relationship model) definiert die *Datenelemente* (engl.: entity) mit ihren *Attributen*, die in einem Informationssystem gespeichert werden sollen. Zusätzlich werden die *Beziehungen* (engl.: relationship) zwischen diesen Datenelementen definiert.



ER-Modelle bieten eine grafische Modellierungssprache, die unabhängig von einem bestimmten Datenbankverwaltungssystem ist. Ausgangspunkt beim ER-Modell sind die sogenannten *Entities*, das heißt wohl unterscheidbare Dinge (auch *Objekte* genannt) der Realwelt, wie beispielsweise die Personen *Hans Robert Hansen* und *Gustaf Neumann*. Von diesen konkreten Ausprägungen wird abstrahiert, sie werden zu *Entitätstypen* (Objekttypen) zusammengefasst. Für die genannten Entities bietet sich der Entitätstyp *Person* an.

Für andere Anwendungen könnten die Entitätstypen beispielsweise *Buch*, *Automobil*, *Bestellung* usw. sein. Die für eine Anwendung relevanten beschreibenden Merkmale der Ausprägungen, wie zum Beispiel *Name*, *Baujahr*, *Preis*, *Bestellnummer*, werden als *Attribute* der Entitätstypen bezeichnet. Meistens sind Attribute *einwertig*, das heißt, dass ein Objekt für ein Attribut zu einem Zeitpunkt nur einen Wert besitzen darf (beispielsweise kann eine Person für das Attribut *Name* oder das Attribut *Geburtsdatum* nur einen Wert haben). Prinzipiell können Attribute auch *mehrwertig* sein, dies bedeutet, dass auch mehrere Werte für ein Objekt zu einem Zeitpunkt Gültigkeit besitzen dürfen (beispielsweise kann eine *Person* gleichzeitig mehrere *Mobiltelefonnummern* haben). Ein weiteres wichtiges Konstruktionselement neben den Entitätstypen sind *Beziehungstypen*, die mögliche Beziehungen zwischen Entitätstypen definieren. Während Entitätstypen meist durch Hauptwörter in der Einzahl bezeichnet werden, werden Beziehungstypen meist durch Zeitwörter (Verben) benannt. Beispielsweise kann mittels Beziehungstypen definiert werden, dass eine Person eine Filiale leitet. Dabei werden „Person“ und „Filiale“ als Entitätstypen dargestellt, und die Beziehung „leitet“ wird als Beziehungstyp definiert. In ER-Modellen werden Entitätstypen als *Rechtecke* und Attribute als *Ovale* dargestellt. Beziehungstypen werden in Form von *Rauten* dargestellt.

In einem ER-Modell können zu jedem Beziehungstyp auch das *Kardinalitätsverhältnis* und die *Partizipation* spezifiziert werden, welche die möglichen Ausprägungen des Beziehungstyps einschränken können.



Das **Kardinalitätsverhältnis** (engl.: cardinality ratio) drückt den Grad einer Beziehung aus und besagt, wie viele Entities eines beteiligten Entitätstyps mit wie vielen Entities des anderen beteiligten Entitätstyps in Beziehung treten können.

Dabei sind folgende Unterscheidungen für Beziehungstypen zwischen zwei Entitätstypen möglich:

- *1:1-Beziehung*: Für jedes Entity der beteiligten Entitätstypen darf eine Beziehung zu maximal einem anderen Entity bestehen.
- *1:n-Beziehung*: Für jedes Entity des ersten beteiligten Entitätstyps darf eine Beziehung zu mehreren Entities des zweiten Entitätstyps bestehen, während für jedes Entity des zweiten Entitätstyps eine Beziehung zu maximal einem Entity des ersten Typs bestehen darf. Der Wert n in $1:n$ steht demgemäß für „mehrere“.
- *n:m-Beziehung*: Für jedes Entity der beteiligten Entitätstypen dürfen Beziehungen zu mehreren anderen Entities bestehen. Die Werte n und m in $n:m$ stehen jeweils für „mehrere“.

Die Kardinalitätsverhältnisse $1:1$ und $1:n$ schränken somit die Maximalwerte für Ausprägungen eines Beziehungstyps ein.



Die **Partizipation** (engl.: participation) eines Beziehungstyps bestimmt, ob alle Entities eines beteiligten Entitätstyps an einer bestimmten Beziehung teilnehmen müssen. Die Partizipation kann *vollständig* (jedes Entity muss an der Beziehung teilnehmen) oder *partiell* sein. In einem ER-Diagramm wird die vollständige Partizipation durch einen *Doppelstrich* zwischen der Raute und dem vollständig partizipierenden Entitätstyp dargestellt.

Durch die *vollständige Partizipation* wird somit im ER-Diagramm bestimmt, dass die Teilnahme an einer Beziehung nicht optional ist. Bei einer vollständigen Partizipation muss jede Ausprägung des Entitätstyps an der Beziehung teilnehmen.



In Abb. 4.12 sind *Beispiele für unterschiedliche Kardinalitätsverhältnisse und Partizipationen* dargestellt. Die 1 , n und m für die Kardinalitätsverhältnisse werden jeweils neben den Entitätstypen angeführt. Teilabbildung (a) stellt eine $1:1$ -Beziehung dar, durch die bestimmt wird, dass jeder Mitarbeiter einen PC haben kann und jeder PC maximal einem Mitarbeiter zugeordnet ist. Teilabbildung (b) besagt, dass jede Abteilung mehrere Mitarbeiter haben kann und dass jeder Mitarbeiter in maximal einer Abteilung beschäftigt ist. Teilabbildung (c) zeigt eine $n:m$ -Beziehung zwischen Mitarbeiter und Projekt, wobei ein Mitarbeiter an mehreren Projekten beteiligt sein kann und in jedem Projekt mehrere Mitarbeiter beschäftigt sein können.

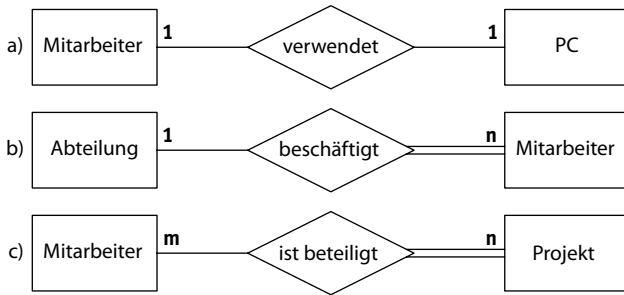


Abb. 4.12: Beispiele für Kardinalitätsverhältnisse

In Teilabbildung (b) und (c) werden vollständige Partizipationen dargestellt. Beispielsweise arbeitet jeder Mitarbeiter in einer Abteilung, an jedem Projekt sind Mitarbeiter beteiligt. In anderen Worten: Auf Basis dieser ER-Diagramme muss jeder Mitarbeiter einer Abteilung zugewiesen sein und für jedes Projekt müssen die beteiligten Mitarbeiter eingetragen sein (es darf keinen Mitarbeiter geben, der in keiner Abteilung beschäftigt ist, es darf kein Projekt geben, für das keine Mitarbeiter existieren). Das bedeutet auch, dass man nur dann ein Projekt im System eintragen kann, wenn hierfür auch Mitarbeiter bekannt sind und somit eingetragen werden können.

B

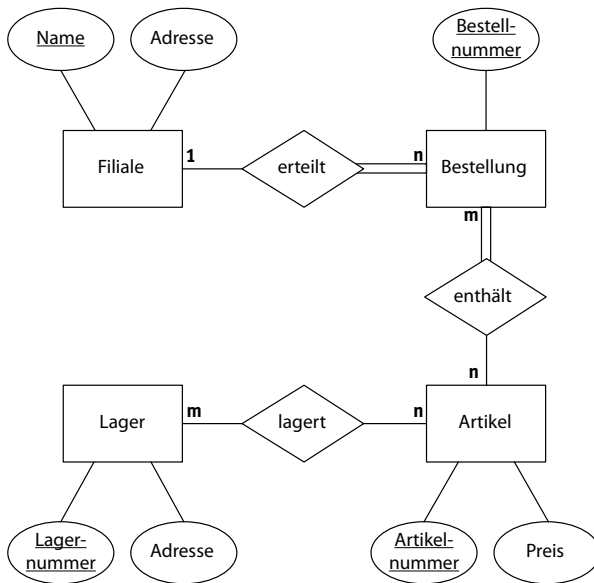


Abb. 4.13: ER-Diagramm

B

Abb. 4.13 zeigt einen Ausschnitt aus dem ER-Modell eines *Lebensmittelfilialbetriebs*. Die am Bestellvorgang beteiligten Entitätstypen sind mit ihren wichtigsten Attributen und den Beziehungstypen abgebildet. Im modellierten Lebensmittelfilialbetrieb gibt es Filialen, die Bestellungen erteilen. Jede Bestellung wird von genau einer Filiale erteilt und enthält einen oder mehrere Artikel, die wiederum in ein oder mehreren Lagern vorrätig sind. *Filiale*, *Bestellung*, *Artikel* und *Lager* sind in diesem Beispiel die Entitätstypen, während *erteilt*, *lagert* und *enthält* die Beziehungstypen bilden. Jede Bestellung muss von einer Filiale erteilt worden sein.

4.6.2 Identifikation von Datenobjekten

Wie bereits erwähnt, werden für Entitätstypen nur jene Attribute berücksichtigt, die man zur Erzielung der gewünschten Resultate als relevant ansieht. Die für den gewählten Kontext belanglosen Eigenschaften können somit vernachlässigt werden. Diese Vorgehensweise hat eine wichtige Konsequenz: Die ausgewählten Attribute müssen ausreichen, um unterschiedliche Ausprägungen voneinander unterscheiden zu können. Wenn zwei Datenobjekte in allen Attributen gleich sind, muss man davon ausgehen, dass es sich um das gleiche Realweltobjekt handelt. Beachten Sie, dass in der Realwelt vielfach künstlich definierte Eigenschaften zur Unterscheidbarkeit von Realweltobjekten herangezogen werden.

B

Angenommen Sie sind Kunde einer großen *Bibliothek*, die das Leihwesen rechnergestützt organisiert hat. Für die Bibliothek sind in der Regel nur Ihr Vor- und Zuname sowie die von Ihnen ausgeliehenen Bücher mit den entsprechenden Entleih- beziehungsweise Rückgabedaten bedeutsam. Ihre körperlichen Eigenschaften, wie Größe, Haarfarbe, Tailenumfang oder Ihre berufliche, politische oder soziale Stellung, sind für das Leihwesen einer Bibliothek unerheblich.

Gibt es nun jedoch eine zweite Person, die den gleichen Namen trägt wie Sie, so ist die Unterscheidbarkeit alleine aufgrund des Namens zwischen Ihnen und dieser anderen Person nicht mehr gegeben. Welches Buch an wen verliehen wurde, wäre in diesem Fall nicht mehr festzustellen. Zwei verschiedene Realweltobjekte werden hier durch die Abstraktion auf (zu) wenige Attribute ununterscheidbar.

Dieser Zustand ist natürlich unbefriedigend; deshalb liegt es nahe, zum Beispiel die Adresse der Bibliothekskunden als weiteres Attribut zu verwenden. Damit sind aber die Probleme nicht gelöst. Relativ häufig stimmen beispielsweise in Familien die Namen (zum Beispiel von Mutter und Tochter oder Vater und Sohn) sowie deren Adressen überein. Auch in diesem Fall ist die eindeutige Unterscheidbarkeit nicht gewährleistet. Die zusätzliche Speicherung des Geburtsdatums reicht hier nicht aus, da es nicht ausgeschlossen werden kann, dass zwei Personen gleichen Namens sowohl die gleiche Adresse als auch den gleichen Geburtstag haben.

Wenn verschiedene Objekte der Realwelt nicht aufgrund ihrer „natürlichen“ Attribute eindeutig identifiziert werden können, werden zu diesem Zweck „*künstliche*“ Attribute verwendet. Die Sozialversicherungsnummer, die Reisepassnummer, die Personalausweisnummer oder die Matrikelnummer sind solche Attribute. Diese Nummern sind jeweils eindeutig einer bestimmten Person zugeordnet. Das heißt, solange Sie diesen Attributwert „besitzen“, kann dieser keiner anderen Person zugeteilt werden. In anderen Worten: Derartige Attribute identifizieren eine Person *eindeutig*. Das Attribut „Sozialversicherungsnummer“ oder die Attributkombination „Matrikelnummer, Universität“ werden entsprechend als *identifizierende Attribute* (engl.: key attribute) bezeichnet. In ER-Diagrammen werden identifizierende Attribute durch Unterstreichungen des Attributnamens dargestellt. In Kapitel 10 wird gezeigt, wie aus einem ER-Diagramm ein Datenbankschema abgeleitet werden kann. Die identifizierenden Attribute werden dabei zur Bildung von Schlüsseln verwendet.

Die wichtigsten Punkte

1. Unter einem *Modell* versteht man die vereinfachende und zweckorientierte Abbildung eines Sachverhalts. Bei der Erstellung von Modellen helfen *Modellierungssprachen*, die geeignete Konzepte für die Darstellung verschiedener Kategorien von Sachverhalten bereitstellen.
2. Für die *Modellierung betrieblicher Informationssysteme* gibt es *verschiedene Ansätze*. Weit verbreitet ist das *ARIS-Architekturmodell*. Es spezifiziert eine Reihe von Modellierungssprachen, die gemeinsam für die Modellierung komplexer Sachverhalte geeignet sind.
3. Die *Struktur und die Abläufe eines Betriebs* können mithilfe verschiedener Modellierungssprachen dargestellt werden. *Zieldiagramme* zerlegen betriebliche Ziele in Teilziele, *Funktionshierarchiebäume* spezifizieren die Gliederung der betrieblichen Funktionen, *Organigramme* beschreiben die Aufbauorganisation und *Produktbäume* beschreiben betriebliche Leistungen.
4. Die *Modellierung von Geschäftsprozessen* kann auf verschiedenen Abstraktionsebenen erfolgen. *Wertschöpfungskettendiagramme* werden für die Darstellung von Beziehungen zwischen Prozessen und Teilprozessen auf einer abstrakten Ebene eingesetzt. Die BPMN eignet sich für die detaillierte Aufbereitung der sachlogischen Beziehungen zwischen Aktivitäten und Ereignissen. Sie ermöglicht auch die Spezifikation von verschiedenen Typen von Verzweigungen und Zusammenführungen. Die Bedingungen von Verzweigungen können mithilfe der DMN beschrieben werden.
5. Betriebliche *Daten* können mithilfe von *Entity-Relationship-Diagrammen* dargestellt werden. Sie benennen Entitätstypen sowie deren Attribute und deren Beziehungen.



Übungs- und Lehrmaterialien zu diesem Kapitel finden Sie im Web über den abgebildeten QR-Code. Richten Sie Ihre Smartphone- oder Tablet-Kamera auf das nebenstehende Bild, um zu den Inhalten zu gelangen.

Literatur

- T. Allweyer: BPMN 2.0 – Business Process Model and Notation: Einführung in den Standard für die Geschäftsprozessmodellierung, 3. Auflage, Books on Demand, Norderstedt 2015.
- J. Becker, M. Rosemann, R. Schütte: Grundsätze ordnungsmäßiger Modellierung. Wirtschaftsinformatik, 37.5 (1995), S. 435–445.
- P. Chen: The Entity-Relationship Model – Toward a Unified View of Data. ACM Transactions on Database Systems, 1.1 (1976), S. 9–36.
- H. Seidlmeier: Prozessmodellierung mit ARIS: Eine beispielorientierte Einführung für Studium und Praxis in ARIS 9, 4. Auflage, Springer, Berlin 2015.
- M. Dumas, M. La Rosa, J. Mendling, H.A. Reijers: Fundamentals of Business Process Management, 2. Auflage, Springer, Berlin 2018.
- R. Elmasri, S.B. Navathe: Fundamentals of Database Systems, 7. Auflage, Pearson, New York 2016.
- A.-W. Scheer: Wirtschaftsinformatik: Referenzmodelle für industrielle Geschäftsprozesse, 7. Auflage, Springer, Berlin 1997.
- A.-W. Scheer, M. Nüttgens: ARIS Architecture and Reference Models for Business Process Management, in: W.M.P. van der Aalst, J. Desel, A. Oberweis: Business Process Management, Models, Techniques, and Empirical Studies, Springer, Berlin 2000.
- G. Steinbauer, M. Ossberger, D. Dorazin: Wiener Linien: Infrastruktur für den öffentlichen Verkehr bereitstellen: Prozessmanagement mit hoher Komplexität, in: E.-M. Kern: Prozessmanagement individuell umgesetzt – Erfolgsbeispiele aus 15 privatwirtschaftlichen und öffentlichen Organisationen, Springer, Berlin 2012.
- M. Weske: Business Process Management. Concepts, Languages, Architectures, 2. Auflage, Springer, Berlin 2014.

5 Unterstützung betrieblicher Leistungsprozesse durch ERP-Systeme

5.1	ERP-Systeme — 164	5.3.2	Unterstützung der Personalwirtschaft in SAP — 190
5.1.1	Historische Entwicklung von ERP-Systemen — 165	5.4	Materialwirtschaft — 192
5.1.2	Standardsoftware für ERP-Systeme — 170	5.4.1	Aufgaben der Materialwirtschaft — 192
5.1.3	Komponenten von ERP-Systemen am Beispiel von SAP — 173	5.4.2	Unterstützung der Materialwirtschaft in SAP — 194
5.1.4	Chancen und Risiken der ERP-Einführung — 178	5.5	Produktion — 195
5.2	Finanz- und Rechnungswesen — 180	5.5.1	Aufgaben der Produktion — 195
5.2.1	Aufgaben und Unterstützung der Finanzbuchhaltung in SAP — 181	5.5.2	Unterstützung der Produktion in SAP — 198
5.2.2	Aufgaben und Unterstützung der Kostenrechnung in SAP — 184	5.6	Vertrieb — 204
5.3	Personalwirtschaft — 188	5.6.1	Aufgaben des Vertriebs — 204
5.3.1	Aufgaben der Personalwirtschaft — 188	5.6.2	Unterstützung des Vertriebs in SAP — 205
			Die wichtigsten Punkte — 208
			Literatur — 209

Kapitelübersicht

Dieses Kapitel behandelt die Grundlagen von Enterprise-Resource-Planning-Systemen (kurz: ERP-System). ERP-Systeme spielen eine bedeutende Rolle bei der Unterstützung von Geschäftsprozessen in Betrieben. Verschiedene Hersteller bieten für gängige Prozesse standardisierte und konfigurierbare Softwarepakete an, die über Betriebs- und Branchengrenzen hinweg eingesetzt werden. Um den Nutzen eines ERP-Systems für einen Betrieb einschätzen zu können, bedarf es eines grundlegenden Verständnisses sowohl der technischen Grundlagen als auch der betriebswirtschaftlichen Funktionalität eines solchen Systems. Daher werden die wesentlichen Funktionen in den Bereichen Finanz- und Rechnungswesen, Personalwirtschaft, Materialwirtschaft, Produktion und Vertrieb kurz vorgestellt.

Lernziele

Ziel dieses Kapitels ist der Erwerb von Kenntnissen über die grundlegenden Konzepte von ERP-Systemen. Nach dem Durcharbeiten dieses Kapitels sollten Sie

- den Aufbau eines ERP-Systems beschreiben können,
- die wesentlichen Chancen und Risiken der Nutzung eines ERP-Systems diskutieren können,
- die Unterstützung des Finanz- und Rechnungswesens mit ERP-Systemen darstellen können,
- die Unterstützung der Personalwirtschaft mit ERP-Systemen beschreiben können,
- die Funktionalität von ERP-Systemen für die Materialwirtschaft diskutieren können,
- die Produktionsunterstützung mit ERP-Systemen beschreiben können und
- die Unterstützung des Vertriebs mit ERP-Systemen darstellen können.

5.1 ERP-Systeme

In diesem Kapitel behandeln wir Informationssysteme, die im Schwerpunkt die innerbetrieblichen Geschäftsprozesse und deren Geschäftstransaktionen unterstützen.

Sie haben bereits mehrere Beispiele typischer Geschäftsprozesse kennengelernt. Zu den wichtigsten Geschäftsprozessen, die mithilfe betrieblicher Informationssysteme unterstützt werden, zählen beispielsweise der *Beschaffungsprozess* (engl.: procure-to-pay process), der *Bestellprozess* (engl.: order-to-cash process) und der *Vertriebsprozess* (engl.: market-to-order process). Die einzelnen Aktivitäten dieser Geschäftsprozesse stellen Geschäftstransaktionen dar.



Eine **Transaktion** (engl.: transaction) ist ein logisch abgeschlossener Vorgang auf der Anwendungsebene, der eine zusammengehörige Einheit darstellt, die vollständig oder gar nicht durchgeführt werden soll (beispielsweise die Erstellung eines Produktionsauftrags, die Änderung einer Lieferantenanschrift, die Buchung eines Finanzbelegs). Ein **Transaktionscode** (engl.: transaction code) ist eine Zeichenfolge, die einen Typ von Transaktionen benennt. Durch Eingabe eines Transaktionscodes oder die Auswahl über ein Menü wird eine entsprechende Transaktion aufgerufen.

5.1.1 Historische Entwicklung von ERP-Systemen

Systeme für die Abwicklung von Geschäftstransaktionen werden auch Transaktionssysteme genannt. Diese sind im Laufe der Zeit zu ERP-Systemen weiterentwickelt worden.

Wesentliches Merkmal eines **Transaktionssystems** (engl.: transactions processing system) ist eine umfangreiche Datenbank, die zur Bearbeitung der laufenden Geschäftsvorfälle durch Benutzereingaben abgefragt oder geändert werden kann. Die Ausgaben können einfache, kurze Auskünfte oder das Ergebnis weitreichender Verarbeitungsvorgänge sein. Ein solches Informationssystem wird auch **operatives Informationssystem** (engl.: operational Information system) genannt, da es zur Unterstützung der alltäglichen betrieblichen Leistungsprozesse (engl.: day-to-day operations) dient.



Der Betrieb soll sich mithilfe von Information aus Transaktionssystemen möglichst zeitnah steuern lassen. Die Aktualität, der Detaillierungsgrad und die Genauigkeit der zur Verfügung gestellten Daten sind dementsprechend hoch und meist in Echtzeit verfügbar. Leitlinie bei der Entwicklung von Transaktionssystemen war und ist eine möglichst weitreichende Automatisierung und Integration der betrieblichen Aufgabenerfüllung.

Dominierend im Zeitraum	Phase 1 1960–1980	Phase 2 1980–1990	Phase 3 1990–2000	Phase 4 2000–2010	Phase 5 2010–2020
Anwendungen	Einzelne Funktionen	Funktionsbereiche	Interne Geschäftsprozesse	Betriebsübergreifende Prozesse	Umfassende Vernetzung der Wirtschaft
IT-Technik	Individualprogrammierung mit traditioneller Dateiorganisation für eine proprietäre Plattform	Proprietäre Anwendungssoftware eines Herstellers auf wenigen proprietären Plattformen	Proprietäre Anwendungssoftware eines Herstellers auf vielen proprietären Plattformen	Proprietäre Anwendungssoftware eines Herstellers auf vielen, auch offenen Plattformen	Zunehmende Kombination von Anwendungssoftwarekomponenten vieler Hersteller auf Open-Source-Plattformen
	Großrechner mit Terminals	Großrechner mit Terminals	Client-Server-System	Client-Server-System, Internet-basiert	Serviceorientierte Architektur, Webservices
	Textorientierte Benutzeroberfläche	Textorientierte Benutzeroberfläche	Grafische Benutzeroberfläche	Webbasierte Benutzeroberfläche (Browser)	Webbasierte Benutzeroberfläche (Browser)

Tab. 5.1: Phasen der Integration betrieblicher Informationssysteme

Die Integration von Informationssystemen in der Wirtschaft erfolgte in mehreren *Phasen*. Tab. 5.1 zeigt Ihnen die im Zeitablauf vorherrschenden Anwendungen und IT-Techniken. Natürlich sind die Perioden nicht so exakt abgrenzbar, wie es in der Tabelle den Anschein hat. Seitens der IT-Hersteller werden oft schon Jahre vorher neue Konzepte und Produkte propagiert, ehe sich diese – wenn überhaupt – verbreitet durchsetzen. Tatsächlich finden Sie noch heute in der Praxis Transaktionssysteme aus allen früheren Perioden.

In der *ersten Phase, den 1960er und 1970er Jahren*, wurden einzelne Funktionen, wie die Fakturierung oder die Lagerbestandsführung, automatisiert. Dabei wurden die bisher manuell verrichteten Aufgaben meist 1:1 in betriebliche Anwendungssoftware übertragen. In der *zweiten Phase, den 1980er Jahren*, wurde die Umsetzung von Einzelfunktionen auf ganze betriebswirtschaftliche Hauptfunktionsbereiche, wie die Buchhaltung, den Einkauf und die Produktion, ausgeweitet. Das IT-Potenzial wurde durch die Anwendung anspruchsvoller Methoden, wie beispielsweise die Berechnung optimaler Bestellmengen und -termine, besser genutzt. Das Speichern der betrieblichen Daten wurde nun zunehmend von zentralen Datenbanken übernommen.



Unter einer **Datenbank** (engl.: database) versteht man einen zentral verwalteten Datenbestand, auf den mehrere Anwendungssysteme zugreifen können.

In der *dritten Phase, den 1990er Jahren*, wurde die funktionsorientierte zunehmend durch eine ablauforientierte (prozessorientierte) Betrachtungsweise abgelöst. Stoßrichtung war die innerbetriebliche Integration aller Applikationen entlang von Geschäftsprozessen, die durch das Aufkommen datenbankbasierter ERP-Standardsoftware mit Funktionen zur Prozessmodellierung ermöglicht wurde.



Unter **ERP** (Abkürzung von engl.: enterprise resource planning) versteht man eine aus mehreren Komponenten bestehende integrierte betriebliche Anwendungssoftware, die die operativen Prozesse in allen wesentlichen betrieblichen Funktionsbereichen unterstützt (Finanz- und Rechnungswesen, Personalwirtschaft, Materialwirtschaft, Produktion, Vertrieb). Die Integration wird dabei von einer *zentralen Datenbank* getragen, wodurch Datenredundanzen vermieden und integrierte Geschäftsprozesse ermöglicht werden.

In den 2000er Jahren, *der vierten Phase*, erfolgte zunehmend ein Wandel zu einer Sichtweise, bei der die Vernetzung von Betrieben und die Automatisierung von betriebsübergreifenden Prozessen stärker betont wurden. Elektronischen Datenaustausch zwischen einzelnen Geschäftspartnern auf operativer Ebene gab es zwar schon länger. Moderne, sogenannte *Business-Suites* gehen jedoch weit darüber hinaus und unterstützen Transaktionen mit ge-

werblichen und privaten Kunden, Lieferanten und sonstigen Marktpartnern in vielfältigen Formen (1:1, 1:n, m:n) auf höheren Anwendungsebenen. Bis Mitte der 2000er Jahre wurde für solche betriebswirtschaftlichen Programmsammlungen, welche ERP-Kernsysteme und zusätzliche außenwirksame Komponenten beinhalten, der Begriff *E-Business-System* verwendet. Mittlerweile hat sich der englische Begriff *Business-Suite* allgemein durchgesetzt, um ein größeres integriertes betriebswirtschaftliches Programmpaket (im Vergleich zu ERP) zu beschreiben. Der Begriff ERP wird meist auf die innerbetrieblichen Anwendungskomponenten des Gesamtsystems bezogen.

Abb. 5.1 zeigt die typischen Komponenten von Business-Suites.

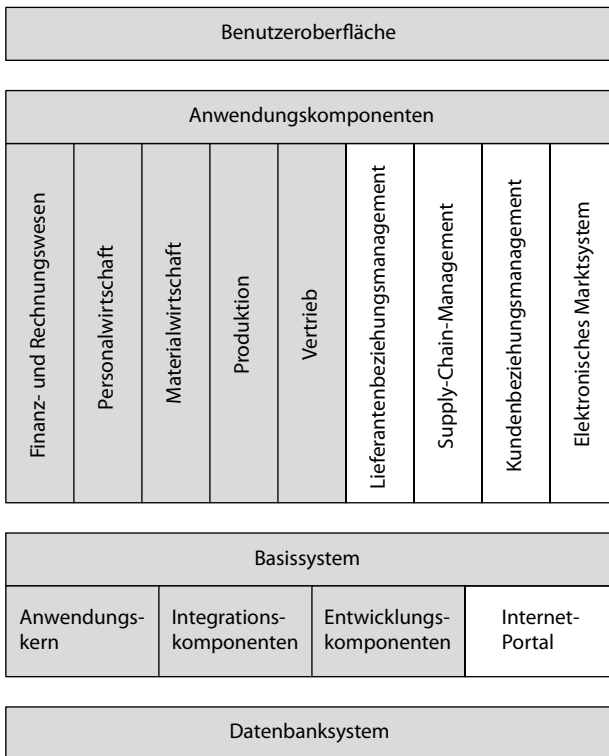


Abb. 5.1: Typische Komponenten von ERP-Systemen und Business-Suites
(klassische ERP-Komponenten sind grau hinterlegt)

Eine **Business-Suite** (engl.: business suite; Synonym: integrierte Geschäftssoftware, Unternehmenssoftware) ist eine umfassende, integrierte Sammlung von betrieblichen Anwendungsprogrammen, deren Komponenten die betrieblichen Leistungsprozesse (ERP-Kernsysteme) und die betriebsübergreifende Koordination und Kooperation (zum Beispiel durch Kundenbeziehungs-



management, Supply-Chain-Management, elektronische Marktsysteme) unterstützen. Die Geschäftsabwicklung mit Dritten (Privatkunden, Geschäftskunden, Lieferanten) erfolgt durch die Nutzung des Internets. Der direkte Zugang von Mitarbeitern und Marktpartnern zu betrieblichen Informationssystemen wird durch Webportale ermöglicht.

Moderne ERP-Systeme beziehungsweise Business-Suites bestehen aus mehreren Subsystemen (Komponenten). Diese (Teil-)Systeme besitzen derzeit in der Regel eine *Client-Server-Architektur*, sind weitgehend *hardware-* und *betriebssystem-unabhängig* und erlauben oft den Einsatz unterschiedlicher Datenbankverwaltungssysteme. Dadurch wird ein Austausch der technischen Plattformen (Rechnersysteme) erleichtert.



Die **Client-Server-Architektur** (engl.: client-server architecture) ist ein Modell, um die Funktionalität einer komplexen Anwendung auf mehrere Rechner zu verteilen. Server (engl.: server) stellen dabei die zentralen Komponenten dar, die *Dienstleistungen* (engl.: service) über Netze anbieten. *Klienten* (engl.: client) als verteilte Komponenten fordern diese bei Bedarf an.

Ein wesentlicher Vorteil einer solchen Komponentenstruktur besteht in der Möglichkeit, Komponenten von verschiedenen Standardsoftwareherstellern zu beziehen und zu kombinieren. Dem steht bei den derzeitigen ERP-Systemen beziehungsweise Business-Suites allerdings die grobgranulare Struktur entgegen.



Unter einer **Softwarekomponente** (Komponente, engl.: component) wird ein Stück Software verstanden, das über eine wohldefinierte Schnittstelle (engl.: interface) genau festgelegte Funktionen zur Verfügung stellt. Softwarekomponenten sind wiederverwendbar (engl.: reusable) und können durch kompatible Komponenten (gleiche Schnittstelle, gleiche Funktionalität) ersetzt werden.

Wenn sich der Anwender für eine umfangreiche Business-Suite entscheidet, hat er die Wahl zwischen einer relativ begrenzten Zahl von großen Anwendungskomponenten, wie zum Beispiel im Rechnungswesen der Lohn- und Gehaltsabrechnung, Debitoren-, Kreditoren- und Anlagenbuchhaltung, Kostenrechnung und Controlling. Wenn ihm innerhalb dieser Komponenten Funktionen fehlen oder nicht geeignet erscheinen, hat er nur sehr aufwendige Möglichkeiten, durch Ergänzungsprogrammierung oder Brückenprogramme zu alternativen Komponenten von anderen Herstellern, eine Lösung zu erreichen. Der Aufwand wird dabei wesentlich durch die Transparenz der Schnittstellengestaltung der Softwarehersteller und den Grad der Kopplung bestimmt.

Das Maß, in dem die verschiedenen Elemente innerhalb einer Softwarekomponente miteinander interagieren beziehungsweise miteinander verbunden sind, wird hierbei als **Kohäsion** (engl.: cohesion) der Komponente bezeichnet. Das Ausmaß, in dem eine Komponente mit anderen Komponenten interagiert, wird durch die **Kopplung** (engl.: coupling) gemessen.



In der fünften Integrationsphase, die das aktuelle Jahrzehnt beherrscht, wird deshalb eine serviceorientierte Architektur mit stärkerer Modularisierung beobachtet. Das Wesen einer serviceorientierten Architektur besteht darin, *Funktionen gekapselt mit standardisierten Schnittstellen* zur Verfügung zu stellen und dadurch lose gekoppelte Anwendungskomponenten zu ermöglichen.

Eine **serviceorientierte Architektur** (engl.: service oriented architecture, Abkürzung: SOA) ist eine Form einer verteilten Informationsarchitektur, deren Fokus auf der Ankündigung, dem Auffinden und dem dynamischen Aufrufen von anwendungsnahen und in sich abgeschlossenen Diensten (engl.: service) liegt. Durch eine serviceorientierte Architektur können lose gekoppelte, verteilte Anwendungssysteme realisiert werden.



Zusätzlich werden die Anwendungssysteme mithilfe mehrerer *Schichten* realisiert. Dadurch ergeben sich zwei wesentliche Vorteile. Zum einen ermöglicht die *Kapselung* einen Zugriff auf Funktionen über Services, die historisch in monolithischen Applikationen „gefangen“ waren. Damit das machbar ist, muss die Granularität der Services der Nutzung in Geschäftsprozessen entsprechen. Zum anderen führt die Verwendung von *Schichten* zu einer klaren Trennung von Benutzeroberfläche, Anwendungskomponenten, Basissystem und Datenbankzugriffen. Hieraus ergibt sich der Vorteil, dass Innovationen in den verschiedenen Schichten einfacher und schneller realisiert werden können. Zum Beispiel gibt es heute viele Innovationen im Zugriff auf Funktionalität, wie beispielsweise mobile Endgeräte, Spracherkennung, Web 2.0, Verknüpfung zu Scannern, RFID-Funketiketten und Sensoren des Internets der Dinge, die den Nutzerkontext ändern, aus welchem auf Geschäftsfunktionalität zugegriffen werden muss. Ein konsequentes Schichtenmodell ermöglicht dies gemeinsam mit einer SOA und klaren Schnittstellendefinitionen mit relativ geringem Aufwand.

Nun wird eine SOA nicht über eine einzelne Applikation eingeführt, sondern über einer gesamten IT-Landschaft, die fast immer durch viele verschiedene Technologien geprägt ist. Um den Mehrwert einer SOA zu realisieren, müssen daher Services und deren Schnittstellen in einem Format zur Verfügung gestellt werden, das *nicht proprietär* ist. Dadurch wird es leichter möglich, Services von verschiedenen Applikationen zusammenzufügen und integrierte Prozesse über einer heterogenen IT-Landschaft zu gestalten. Dabei reicht es nicht,

die Services nur innerhalb des Betriebs zu betrachten. Durch die zunehmende Vernetzung der Wirtschaft werden betriebliche Services verstärkt von Kunden, Lieferanten und anderen Geschäftspartnern genutzt. Hierzu wird das Internet als Infrastruktur verwendet, welches kostengünstige Verbindungen ermöglicht. Die Services müssen also auch in einem Format zur Verfügung gestellt werden, das bei Bedarf über das Internet genutzt werden kann. Aus diesem Grund wird im Kontext von SOA immer wieder der Begriff der „*Webservices*“ in den Vordergrund gerückt. Das Kommunikationsprotokoll hinter den Webservices erfüllt die geschilderten Anforderungen (nicht proprietär zu sein, ein Standard zu sein und Internet-fähig zu sein) und ermöglicht aus diesem Grund eine hohe Interoperabilität.



Werden Softwaredienste über offene Protokolle und standardisierte Formate (in der Regel XML) über das Internet angeboten, so spricht man von **Webservices** (engl.: web service). Werden Webservices von mehreren verteilten Servern im Internet in skalierbarer Form angeboten, so spricht man von **Cloud-Computing** (engl.: cloud computing), wobei der Begriff Cloud (auf Deutsch: Wolke) als Metapher für das Internet steht.

In der fünften Phase wird auch die *vertikale Integration betrieblicher Informationssysteme* forciert. Einerseits fällt die Grenze zwischen Büro- und ERP- beziehungsweise Business-Suite-Software, damit die Benutzer Medienbrüche vermeiden und ihre Datenbestände (Adressen, Termine usw.) durch bidirektionale Abgleichfunktionen in allen Systemumgebungen konsistent halten können. Andererseits werden in ERP-Systeme beziehungsweise Business-Suites zunehmend Komponenten zur Managementunterstützung integriert, die mathematische Methoden und Modelle zur Analyse und Lösung komplexer Fragestellungen beinhalten. Auf solche sogenannten Business-Intelligence-Komponenten gehen wir in Kapitel 7 ein.

5.1.2 Standardsoftware für ERP-Systeme

Betriebswirtschaftliche Lösungen werden heute überwiegend mit Standardsoftware realisiert. Wir befassen uns hier vorrangig mit branchenneutralen *ERP-Komplettpaketen für Großbetriebe*. *Softwareangebote für Klein- und Mittelbetriebe* zielen weniger auf eine vollständige Abdeckung aller betrieblichen Funktionen mit vielfältigen Verrichtungsmöglichkeiten als vielmehr auf eine übersichtliche Gestaltung und die kostengünstige Unterstützung der wesentlichen Teilbereiche ab. Dementsprechend sind die Pakete weniger umfangreich und preisgünstiger.

Der Einsatz von Standardsoftware kann gegenüber der Individualentwicklung erhebliche Zeit- und Kostenvorteile bringen. Obwohl das Angebot von betriebswirtschaftlichen Programmen groß und vielfältig ist, heißt das jedoch noch keineswegs, dass für den einzelnen Betrieb stets geeignete Produkte angeboten werden. Gerade für Branchen mit relativ wenigen großen Betrieben gibt es oft kaum brauchbare Komplettpakete, da sich für die Softwarehersteller der Entwicklungsaufwand wegen des geringen Marktpotenzials nicht lohnt.

Beispielsweise beschränken sich viele Betriebe beim Einsatz von integrierter betrieblicher Standardsoftware auf die *Finanzbuchhaltung*, die *Materialwirtschaft* und die *Personalwirtschaft*. In marktnahen Bereichen beziehungsweise überall dort, wo sich die Unternehmen strategische Wettbewerbsvorteile gegenüber der Konkurrenz versprechen, verwenden sie besser individuell entwickelte Systeme.

B

Durch die Komponentenstruktur können Betriebe das *Gesamtsystem in Teilschritten über einen größeren Zeitraum einführen* (engl.: phasing). In vielen Fällen führen Betriebe jedoch auch Komplettlösungen in einem Schritt ein (Komplettumstellung, engl.: big bang), um eine mehrfache Daten-, Programm- und Prozessintegration zu vermeiden. Die *Anpassung von Standardprogrammen an die betriebsindividuellen Erfordernisse* erfolgt durch Geschäftsprozessmodellierung (siehe Kapitel 4), Customizing und – falls notwendig – durch Ergänzungsprogrammierung. Die Anpassung übernimmt in der Regel der einführende Betrieb selbst, meist unter Hinzuziehung des Softwareherstellers und dessen Implementierungspartnern.

Das Customizing beginnt bei länderspezifischen Einstellungen, die in der Regel über Parameter vorgenommen werden können, und führt über die Abbildung der betrieblichen Organisations- und Datenstrukturen bis zu Verarbeitungsvorgaben auf Funktionenebene (zum Beispiel Abschreibungsverfahren und deren Berechnung, Festlegung von Liefer- und Zahlungsbedingungen). Für Betriebe, die dasselbe Softwarepaket in unterschiedlichen Ländern einsetzen wollen, ist dabei die *Internationalität* der Software wichtig. Das heißt, in den Programmen muss der Einsatz unterschiedlicher Sprachen, Zeichensätze, Datums- und Zahlenformate, Kontenpläne, Währungen, Lohn- und Gehaltsabrechnungsmodalitäten, Steuern, gesetzlicher Rechnungslegungs- und -prüfungsvorschriften sowie anderer betriebswirtschaftlich relevanter nationaler Rechtsvorschriften berücksichtigt werden können. Vielfach existieren in einzelnen Ländern unterschiedliche Geschäftsprozesse, wodurch ein länderspezifisches Customizing notwendig wird. Es muss auch möglich sein, die Texte in den einzelnen Anwendungen in mehreren Sprachen und Zeichensätzen zu hinterlegen. Dies betrifft beispielsweise Systembeschreibungen und Hilfetexte, wie auch Mahntexte, Produkt- und Materialbeschreibungen usw.

Können anwenderspezifische Erfordernisse nicht im Rahmen des Customizing realisiert werden, muss durch *Ergänzungsprogrammierung* die geforderte Funktionalität entwickelt werden. Für die betriebliche Standardanwendungsoftware gibt es dazu oft leistungsfähige, an das Basissystem angepasste Entwurfs- und Programmierwerkzeuge. Diese Individualprogrammierung kann durch den Softwarehersteller, seine Vertriebspartner, unabhängige Beratungshäuser oder durch den Anwender selbst erfolgen. Bei einem Release-Wechsel (Näheres folgt) des Systems kann es notwendig werden, dass auch die eigenentwickelten Teile angepasst werden müssen, vor allem dann, wenn zugrunde liegende Anwendungsfunktionen oder die Schnittstellenspezifikation in einer neuen Version verändert wurden. Weil diese Anpassungen und die fortlaufende Wartung im Lauf der Zeit sehr aufwendig werden können, ist den Anwendern zu raten, möglichst nichts oder wenig am Standardprogrammsystem zu ändern, primär das System über Parametrisierung anzupassen und – wenn möglich – eher die betrieblichen Abläufe an die Möglichkeiten des Programmsystems anzupassen als umgekehrt. Es empfiehlt sich auf jeden Fall, eventuelle Eigenentwicklungen ausreichend zu dokumentieren.

Große Hersteller bieten für die beim Anwender installierten ERP-Systeme im Rahmen der Wartungsverträge meist einmal jährlich neue Versionen (engl.: release) und zwischendurch kleinere Aktualisierungspakete zur Ergänzung von Funktionen und zur Fehlerbehebung an. Viele Anwender verzichten jedoch wegen des damit verbundenen Aufwands auf so häufige Release-Wechsel. Für die in der Cloud angebotenen Systeme sind kürzere Wartungsintervalle üblich. Die Wartung ist bei ERP-Systemen so wichtig, dass kaum ein Anwender ohne kostspieligen Wartungsvertrag auskommt. Je nach Anbieter unterscheiden sich die durch die Wartungsgebühren abgedeckten Leistungen erheblich. Durch die sukzessive Erhöhung der Wartungsgebühren gegen Ende des Produktlebenszyklus sowie durch die Terminierung der Wartung versuchen die Hersteller, die Kunden zum Umstieg auf Nachfolgesysteme zu motivieren.

B

Beispielsweise bietet der Marktführer SAP für sein neuestes ERP-System S/4HANA (Näheres im Folgeabschnitt) jährlich eine Produktversion mit wesentlichen Neuerungen und in der Folge quartalsweise sogenannte *Feature Pack Stacks* (abgekürzt: FPS) und/oder *Service Pack Stacks* (abgekürzt: SPS) an. FPS werden in den drei Folgequartalen nach dem Versionswechsel herausgegeben und können ohne Störung des laufenden Betriebs eingesetzt werden. Im Gegensatz zu den bei Bedarf angebotenen SPS ist ihr Einsatz nicht zwingend. SPS sollen laut SAP-Empfehlung mindestens einmal jährlich eingesetzt werden, um alle Systemkorrekturen zu implementieren. Für die Cloud-Lösung bietet SAP ein Update pro Quartal und zur Korrektur von *Programmmfehlern* (engl.: bug) getrennte Nachbesserungen an. Die Lauffähigkeit des Vorgängersystems von S/4HANA auf den bisherigen Datenbanksystemen wird von SAP nur bis zum Jahr 2025 garantiert, sodass für die Anwender der Druck zur Umstellung laufend wächst.

Die neuen Produktversionen beziehungsweise Aktualisierungspakete sind im Idealfall derart gestaltet, dass die im Customizing vorgenommenen anwenderspezifischen Einstellungen erhalten bleiben. Dies ist bei substanziellen Änderungen des Systems oft nicht möglich. Vielfach ändern sich die Strukturen und auch die Bedienung des Systems, was weitere Anpassungen und Schulungen seitens des Anwenders nach sich zieht. In jedem Fall müssen bei einem Release-Wechsel seitens der Anwender umfangreiche Tests durchgeführt werden, ehe das System für die allgemeine Verwendung freigegeben werden kann.

Schnittstellen für den Datenimport und -export ermöglichen die Verbindung zu anderen Systemen, zum Beispiel zu technischen Systemen (wie Produktionsanlagen, Hochregallagersystemen, RFID-Lesern, Belegscannern), Bürosoftware und Managementunterstützungssystemen. Viele früher nur separat erhältliche Applikationen wurden von den Herstellern im Lauf der Zeit in ihre Komplettpakete integriert. So gehören beispielsweise Data-Warehouse- beziehungsweise Business-Intelligence-Systeme mittlerweile zum üblichen Angebotsumfang. Das heißt aber keineswegs, dass die komplette Lösung aus einer Hand immer am besten sein muss. In vielen Fällen weisen Komplettpakete in einzelnen Bereichen Schwächen auf, die durch Applikationen von Drittherstellern behoben werden können.

Auf einer SAP-Installation können prinzipiell mehrere Unternehmen und Teilunternehmen gleichzeitig betrieben und völlig getrennt voneinander verwaltet werden. SAP hat hierfür den Begriff des *Mandanten* geprägt.

Ein System ist **mandantenfähig** (engl.: supports multitenancy), wenn auf der gleichen Installation gleichzeitig mehrere Kunden mit getrennten Einstellungen ihre Daten verarbeiten können, ohne dabei gegenseitigen Einblick in die Daten zu ermöglichen.



Jeder Mandant (engl.: client organization) kann über getrennte Datenstrukturen (Stammdatensätze) und Konfigurationseinstellungen verfügen und somit eine handelsrechtlich, organisatorisch und datentechnisch in sich abgeschlossene Einheit innerhalb eines SAP-Systems bilden.

5.1.3 Komponenten von ERP-Systemen am Beispiel von SAP

In diesem Abschnitt erfahren Sie am Beispiel der SAP-Standardsoftware Näheres über die Komponenten von ERP-Systemen. Die meisten Großbetriebe (dazu zählen neben Großunternehmen beispielsweise auch Behörden, Hochschulen

oder Krankenhäuser) setzen heute Komponenten dieser weit verbreiteten Software zur Unterstützung ihrer innerbetrieblichen Leistungsprozesse ein. Wir kennzeichnen zunächst die Entwicklung des SAP-Produktportfolios und gehen dann auf die wichtigsten Funktionen im Finanz- und Rechnungswesen, der Personalwirtschaft, der Materialwirtschaft, der Produktion und des Vertriebs ein. Der Vertrieb wird hier nur als operative Teilfunktion der Distribution (Verkauf, Lieferung, Fakturierung) betrachtet.

B

Die SAP AG ist der weltweit führende Hersteller von integrierter Standardsoftware für betriebliche Transaktionssysteme. Das Unternehmen wurde 1972 gegründet. Anhand der Entwicklung des Produktportfolios dieses Unternehmens sollen die vorstehenden Ausführungen zu den Integrationsphasen von Informationssystemen sowie den Kategorien betrieblicher Standardsoftware wiederholt und beispielhaft veranschaulicht werden. Tab. 5.2 zeigt Ihnen die Entwicklung der SAP-Produkte seit der Unternehmensgründung.

1973 wurde die erste *Finanzbuchhaltung*, das System *RF*, fertig gestellt. Sie bildete den Grundstein für die kontinuierliche Weiterentwicklung weiterer Softwaremodule des – allerdings erst später so benannten – *Systems R/1* (Abkürzung von engl.: real-time/version 1). Nachdem im Jahr 1982 mit dem System *R/2* das erste ERP-Komplettpaket verfügbar wurde, stieg mit *R/3* als erstem Client-Server-System die Zahl der Installationen bis zum Jahr 2000 auf über 24.000.

Mit der Erweiterung um verschiedene E-Commerce-Lösungen auf Basis moderner Webtechniken entwickelte sich eine stärkere Modularisierung auf Basis der SOA-Plattform namens *SAP NetWeaver*. Seit 2007 heißen die Produkte *SAP Business Suite* beziehungsweise *SAP ERP*. Die Entwicklung von stärker modularisierten Anwendungen „in Gemischtbauweise“ mittels Webservices etablierte das Konzept der *Composite-Applications*. Sie stellen vorhandene Daten aus verschiedenen Informationssystemen den für Geschäftsprozesse verantwortlichen Mitarbeitern entsprechend ihrer jeweiligen Rolle und Aufgabenphase zur Verfügung. Zudem sollen sie eine größere Flexibilität bei der Rekonfiguration von Geschäftsprozessen ermöglichen.

Dominierend im Zeitraum	Phase 1 1972–1980	Phase 2 1980–1990	Phase 3 1990–2000	Phase 4 2000–2010	Phase 5 seit 2010
Anwendungen	Einzelne Funktionen	Funktionsbereiche	Interne Geschäftsprozesse	Betriebsübergreifende Prozesse	Umfassende Vernetzung der Wirtschaft
SAP-Produkte	1973 System RF Finanzbuchhaltung 1975 System RM Materialwirtschaft 1978 System RA Anlagenbuchhaltung	1982 System R/2 Betriebswirtschaftliches Komplettpaket	1992 System R/3 Betriebswirtschaftliches Komplettpaket und Branchenlösungen 1995 SAP-Offensive in den Mittelstand: SAP All-in-One SAP Business One	1999 mySAP.com Verbindung E-Commerce-Lösungen mit ERP-Anwendungen 2003 mySAP Business Suite (Bündelung von ERP, CRM, SCM, PLM ...) SAP ERP als R/3-Nachfolger auf Basis von NetWeaver	2010 SAP Business Suite auf der Basis von NetWeaver, darauf leicht „aufsteckbare“ Composite Applications Mittelstandsoftware Business ByDesign 2015 SAP Business Suite S/4HANA auf der Basis von SAP HANA
IT-Technik	IBM-Großrechner mit Terminals, zunächst unter dem Betriebssystem DOS, ab 1974 unter OS	IBM- (DOS, OS) und Siemens- (BS2000) Großrechner mit Terminals	Client-Server-System mit relationaler DB für Rechner unterschiedlicher Hersteller	Client-Server-System mit relationaler DB für Rechner unterschiedlicher Hersteller, Internet-basiert	SOA-System (Enterprise Services Architecture, Abkürzung: ESOA), Webservices, SAP-eigene In-Memory-DB (SAP HANA)
	Textorientierte Benutzeroberfläche	Textorientierte Benutzeroberfläche	Grafische Benutzeroberfläche (Windows, OS/2)	Grafische und webbasierte Benutzeroberfläche	Grafische und webbasierte Benutzeroberfläche, Apps auf HTML5-Basis (SAP Fiori)

Tab. 5.2: Entwicklung des SAP-Produktportfolios (Abkürzungen: DB = Datenbank; SOA = serviceorientierte Architektur)

! Unter einer **Composite-Application** (engl.: composite application) versteht man eine Anwendung, die aus unterschiedlichen Webservices einer serviceorientierten Architektur aufgebaut wird. Diese Webservices können von unterschiedlichen Quellen (Softwareanbietern, Partnerunternehmen, Inhouse-Teilsystemen) zu einer Composite-Application zusammengeführt werden. Neben den eingebundenen Anwendungsdiensten werden Systemdienste für das *Kontextmanagement* (beschreibt den Kontext der Composite-Application), die *Koordination* (wie und in welcher Reihenfolge sollen die Anwendungsdienste ausgeführt werden) und die *Transaktionssteuerung* benötigt, die den Ablauf und die Fehlerbehandlung in Composite-Applications steuern.

Bildlich gesprochen entsprechen die Anwendungsdienste den *Bausteinen* des Systems, und die Systemdienste dienen als *Mörtel*, um das Zusammenspiel und den Zusammenhalt zu sichern. In Composite-Applications können auch *Alt-systeme* über Webservices eingebunden werden.

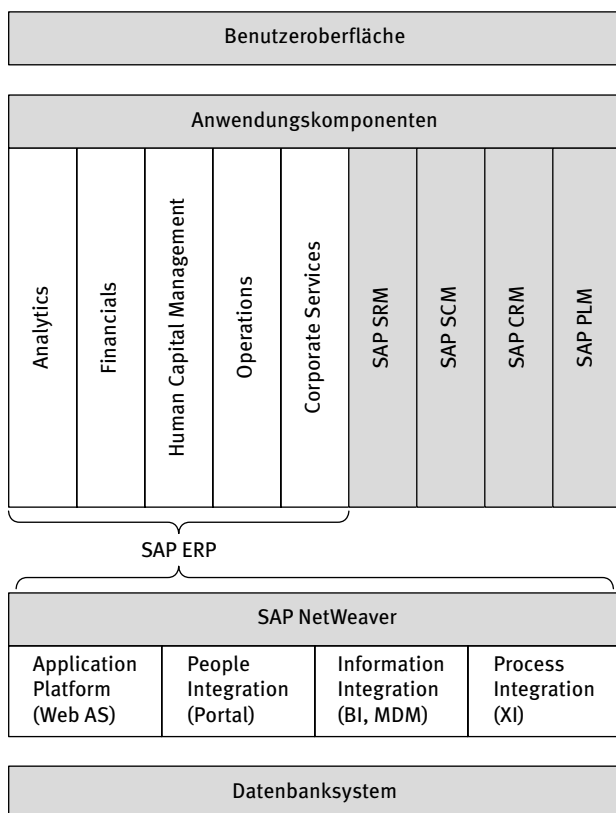


Abb. 5.2: SAP Business Suite

Das im Jahr 2006 vorgestellte Komplettpaket *SAP ERP 6.0* ist eine auf Net-Weaver basierende Lösung zur Unterstützung innerbetrieblicher Prozesse mit Anwendungskomponenten für die Datenanalyse (engl.: analytics), die Finanzwirtschaft (engl.: financial management, Abkürzung: FM; financials), die Personalwirtschaft (engl.: human capital management, Abkürzung: HCM), zentrale Dienste (engl.: corporate services) und das operative Geschäft (engl.: operations) – von der Entwicklung, Beschaffung, Produktion über Lager und Transport bis zu Vertrieb und Instandhaltung (siehe Abb. 5.2). Zu den zentralen Diensten zählen die Verwaltung und Abrechnung von Dienstreisen, Umwelt-, Gesundheits- und Sicherheitsdienste, Provisionsabrechnung und Immobilienverwaltung.

Die *SAP Business Suite* besteht aus SAP ERP und ergänzenden Komponenten für betriebsübergreifende Anwendungen wie das *Lieferantenbeziehungsmanagement* (engl.: supplier relationship management, Abkürzung: SRM), das *Lieferkettenmanagement* (engl.: supply chain management, Abkürzung: SCM), das *Kundenbeziehungsmanagement* (engl.: customer relationship management, Abkürzung: CRM) und das *Produktlebenszyklusmanagement* (engl.: product life-cycle management, Abkürzung: PLM). Darüber hinaus bietet SAP *rund 25 branchenspezifische Lösungsportfolios* an. Solche Komplettpakete sind so umfangreich und komplex, dass wir uns im Folgenden auf eine knappe einführende und exemplarische Darstellung beschränken müssen. Für kleine und mittelständische Betriebe bietet SAP die ERP-Lösung *Business ByDesign* mit service-orientierter Architektur an. Das System läuft in SAP-Rechenzentren und wird über das Internet genutzt.

Die SAP Business Suite besteht aus einem Basissystem und einzeln erhältlichen Anwendungskomponenten. Das Basissystem bildet die Infrastruktur für die Anwendungskomponenten und realisiert die Schnittstellen zu der Datenbank und der Benutzeroberfläche. Es enthält ferner in der Regel Funktionen zur zentralen Steuerung: die Administration des Systems, Schnittstellen zum Betriebssystem, Funktionen für das Customizing, die Entwicklungsumgebung und Programmierschnittstellen. Ein wichtiger Teil des Basissystems ist die *Benutzerverwaltung*, die unter anderem Funktionen für die Zugriffskontrolle enthält. Durch die Vergabe von Zugriffsrechten können sensible Daten (wie zum Beispiel Gehalt) nur berechtigten Benutzern zugänglich gemacht werden. Zusätzlich kann auch das *Vieraugenprinzip* (engl.: four-eyes principle) realisiert werden, welches darauf abzielt, dass Aufgaben und ihre Kontrolle von verschiedenen Mitarbeitern erledigt werden (engl.: separation of duty).

Dies erfolgt zum Beispiel durch die Trennung der Kreditorenverwaltung von den Zahlungsaufgaben, was verhindert, dass ein Mitarbeiter sich selbst Geld anweist. Berechtigungen tragen auch zur Systemintegrität bei; dies geschieht beispielsweise durch eine

zentrale Verwaltung der Stammdaten in einem Bereich oder durch eine Person. Damit wird vermieden, dass Mitarbeiter unkontrolliert Daten einpflegen.

Im Lauf der Zeit wurden immer mehr *Infrastrukturfunktionen* im Basissystem implementiert. SAP spricht dementsprechend seit der Einführung der *NetWeaver-Plattform* als technischer Grundlage für SAP ERP, SAP Business Suite und SAP Composite Applications von einer umfassenden „*Integrations- und Anwendungsplattform*“. Sie umfasst Komponenten für die Integration verschiedener Empfangsgeräte, Entscheidungsunterstützung, Portallösungen, Nachrichtenaustausch, Stammdatenpflege und mobile Anwendungen. Dazu werden verschiedene Entwicklungswerkzeuge bereitgestellt.

Im Jahr 2015 hat SAP die Business Suite S/4HANA eingeführt, die auf der Plattform SAP HANA läuft. Die Zahl 4 soll darauf hindeuten, dass es sich um eine grundsätzlich neue Anwendungssoftwaregeneration in der Folge der Systeme R1, R2 und R3 handelt. Der Buchstabe S steht für „simple“, das heißt, vereinfachte, kompaktere Applikationen, die weniger können, aber wesentlich schneller ablaufen. SAP S/4HANA wird von Analysten der Firma Gartner als eine der größten durchgeführten Veränderungen in der Geschichte von SAP bezeichnet. Die HANA-Plattform integriert die vorstehend genannten NetWeaver-Funktionen sowie eine SAP-eigene In-Memory-Datenbank. Die Beschleunigung der Applikationen wird einerseits durch die Verlagerung von Anwendungsfunktionen in die Datenbank (einfacheres Datenmodell) und andererseits durch die In-Memory-Datenbanktechnik erreicht. Dabei werden die zu verarbeitenden Daten vollständig im Arbeitsspeicher gehalten und nicht wie bisher üblich von Festplatten mit wesentlich höheren Zugriffszeiten in den Arbeitsspeicher kopiert. Näheres zu In-Memory-Datenbanken erfahren Sie in Kapitel 10. SAP favorisiert das Angebot von S/4HANA in der Cloud (SAP und andere Anbieter von Cloud-Services), die Business Suite wird aber auch für den Eigenbetrieb beim Anwender (engl.: on premise) angeboten.

Dem Benutzer erschließt sich das SAP-System über Menüs, mit denen Bildschirmformulare einzelner Anwendungen angewählt werden können. Viele Anwendungen unterstützen *Transaktionscodes*, mittels derer der Benutzer direkt eine Anwendungsfunktion anwählen kann, ohne durch Menüs navigieren zu müssen. Zur Ansteuerung einer komplexen Anwendungsfunktion sind meist *mehrere Bildschirmformulare notwendig*, in die der Benutzer Daten einträgt.

5.1.4 Chancen und Risiken der ERP-Einführung

Die Einführung einer umfassenden, alle Geschäftsprozesse unterstützenden Softwarelösung ist mit einer Vielzahl von *Nutzen-, aber auch Gefährdungspoten-*

zional verbunden. Mit einem leistungsfähigen Komplettpaket kauft sich der Anwender moderne, in Programme umgesetzte betriebswirtschaftliche und softwaretechnische Methoden ein, zu deren Umsetzung das eigene Personal in vielen Fällen nicht imstande wäre. Schwachstellen in Geschäftsprozessen können im Verlauf der Einführung aufgedeckt und verbessert werden: Dabei wird stets der Istzustand mit dem gewünschten Sollzustand und den im Paket vorgesehenen (oft unterschiedlichen, vielleicht besseren) Möglichkeiten verglichen. Die Verwendung einer einheitlichen Datenbasis ermöglicht die Vermeidung von Redundanz und die zentrale Auswertung betriebsweiter Daten. Die zentralisierte Datenverwaltung kann durchaus zu Änderungen in den Geschäftsprozessen eines Betriebs führen. Kunden und Lieferanten können in die Geschäftsprozesse einbezogen werden: Wertschöpfungsketten ohne Medienbrüche beschleunigen Bearbeitungsschritte und verkürzen Reaktionszeiten.

Zu den *Risiken* einer ERP-Einführung zählen vor allem mangelndes Wissen über Detailfunktionen und Leistungsfähigkeit der Software, das Unterschätzen des tatsächlichen Umstellungsaufwands (nicht nur der Software, sondern auch durch Customizing und Reorganisation der betrieblichen Abläufe), Probleme bei der Umschulung von Mitarbeitern auf das neue System und Anpassungsschwierigkeiten bei der Übernahme der Daten aus dem Altsystem (Datenmigration). Standardsoftware hält leider nicht immer das, was in der Angebotsphase versprochen wird. Der Anwender hat dann im Zuge der Einführung oft nur die Möglichkeit, entweder auf gewünschte Funktionen zu verzichten oder für die Ergänzungsprogrammierung zu sorgen. Manchmal wird der Abstand zwischen Erwartungen und Ergebnissen sogar so groß, dass ein Projekt abgebrochen wird. Der Anwender hat dann meist den Eindruck, über die Funktionalität, den Zeitbedarf und die Kosten getäuscht worden zu sein. Der Softwareanbieter und der mit der Implementierung beauftragte Berater beklagen hingegen in der Regel die mangelhafte Mitarbeit des Personals in den Fachabteilungen, die eine entsprechende Anpassung der Software nicht zugelassen habe. Um solche Fehlschläge zu vermeiden, muss möglichst viel Augenmerk auf die frühen Projektphasen, insbesondere die Planung und eine detaillierte Geschäftsprozessmodellierung als Basis für den Angebotsvergleich, gelegt werden. Ferner ist die Rückendeckung der Geschäftsführung eine unabdingbare Voraussetzung für den Projekterfolg sowie die Begleitung der Mitarbeiter mithilfe eines geeigneten Change-Managements.

Empirische Untersuchungen zeigen, dass die Gesamtkosten der Neueinführung eines betriebswirtschaftlichen Komplettpakets (ohne den laufenden Betrieb und die Wartung) im Durchschnitt drei- bis fünfmal so hoch sind wie die Anschaffungskosten der Software. Bei einem Großbetrieb mit über 1.000 Beschäftigten und einer Vielzahl von Produktionsstätten ist mit Gesamtkosten bis zu einer Höhe eines dreistelligen Millionenbetrags für Soft-

warelizenzengebühren, externe Dienstleistungen und den internen Personalaufwand zu rechnen. Entscheidend für die Implementierungszeit und -kosten ist der Umfang der Ergänzungsprogrammierung. Wenn ein Betrieb seine gewünschten Geschäftsprozesse vollständig durch Customizing der Standardsoftware abbilden kann, dauert die Einführung eines Komplettpakets vielleicht nur einige Monate. Ist das nicht der Fall, kann sich die Einführung über Jahre hinziehen und ein Vielfaches kosten. Die Kosten sind allerdings keinesfalls auf die Ersteinführung beschränkt.

Die Entscheidung für eine solche Lösung ist auf jeden Fall nur dann sinnvoll, wenn der Nutzen die Kosten überschreitet. Dabei ist es wichtig, die *gesamte geplante Nutzungsdauer* und *sämtliche Kosten- und Nutzenkategorien* zu betrachten, da das System laufend an sich ändernde Geschäftsprozesse, veränderte Rahmenbedingungen und eine wechselnde Systeminfrastruktur angepasst werden muss.



Unter **Total Cost of Ownership** (Abkürzung: TCO) versteht man die Berücksichtigung aller Kosten, die in Zusammenhang mit der Anschaffung und dem Betrieb (inklusive Wartung und Benutzerbetreuung) einer IT-Komponente stehen. Durch die Einbeziehung der Gesamtkosten und -nutzen über die gesamte Nutzungsdauer hinweg wird eine bessere Vergleichbarkeit verschiedener Produkte ermöglicht und eine realistische Einschätzung der Wirtschaftlichkeit möglich. Die Berücksichtigung aller Nutzenkategorien wird als **Total Benefit of Ownership** (Abkürzung: TBO) bezeichnet.

Diese Kosten-Nutzen-Betrachtungen gelten übrigens für alle IT-Investitionen, also auch für Rechneranschaffungen usw. Dem *Nutzen eines ERP-Komplettpakets beziehungsweise einer Business-Suite* in Form von hoher Prozessstandardisierung, kostengünstigem Funktionsumfang, Herstellerwartung und technischen Innovationen muss der Anwender das Risiko der Abhängigkeit vom Hersteller gegenüberstellen.

5.2 Finanz- und Rechnungswesen



Das betriebliche **Finanz- und Rechnungswesen** (engl.: accounting and finance; financials) beinhaltet im Bereich **Finanzierung/Investition** (engl.: finance/investment) die Bereitstellung und zielgerichtete Verwendung finanzieller Mittel und im Bereich **Rechnungswesen** (engl.: accounting) die systematische Erfassung der durch die betrieblichen Leistungsprozesse entstehenden Transaktionen und die Überwachung der Wirtschaftlichkeit. Gegenüber außenstehenden Interessenten, wie beispielsweise Investoren, Banken, Finanzämtern, Krankenkassen usw. ist entsprechend den gesetzlichen Vorschriften Rechenschaft abzulegen (externes Rechnungswesen). Der Geschäftsführung sind die zur Planung, Steuerung und Kontrolle erforderlichen Daten zu liefern (internes Rechnungswesen).

Die wichtigsten *Aktionsfelder eines IT-gestützten Finanz- und Rechnungswesens* umfassen neben der Finanzbuchhaltung und der Kostenrechnung die Bereiche des Zahlungsverkehrs, des Liquiditätsmanagements, der Finanzierung und Investition sowie der Corporate Governance. Unter diesem auch im deutschen Sprachraum gängigen englischen Begriff versteht man die verantwortungsvolle Führung und effiziente Kontrolle eines Betriebs durch eine geeignete Verteilung der Aufgaben, die Definition von geschäftspolitischen Richtlinien und von Steuerungs- und Überwachungsmechanismen. Wir beschränken uns hier auf die Anwendungen in der Finanzbuchhaltung und in der Kostenrechnung.

Das Finanz- und Rechnungswesen ist die zentrale Integrationsbasis für ein ERP-System. Sämtliche Waren- und Wertströme in den anschließend diskutierten Bereichen Personalwirtschaft, Materialwirtschaft, Produktion und Vertrieb haben eine entsprechende Abbildung im Finanz- und Rechnungswesen.

5.2.1 Aufgaben und Unterstützung der Finanzbuchhaltung in SAP

Die *Finanzbuchhaltung* (engl.: financial accounting) zeichnet *alle finanziellen Geschäftsvorfälle* auf. Sie wird nach gesetzlichen Vorschriften erstellt, dient der Dokumentation, der Gewinnermittlung und der Steuerbemessung, und sie bildet die Basis betriebswirtschaftlicher Erfolgsrechnungen. Die Erfassung der Geschäftsvorfälle erfolgt auf *Konten* (engl.: account). Es gibt verschiedene Kontenarten wie zum Beispiel Erfolgskonten, Bestandskonten, Lieferantenkonten, Kundenkonten. Aus den Bestandskonten wird die *Bilanz* (engl.: balance sheet) erstellt, die eine Gegenüberstellung des Vermögens und der Kapitalstruktur zu einem bestimmten Stichtag zeigt. Die Erfolgskonten fließen in die *Gewinn- und Verlustrechnung* (Abkürzung: G+V, engl.: profit and loss statement) ein. Bilanz und G+V werden aus dem *Hauptbuch* (engl.: general ledger) erstellt. Im Hauptbuch werden alle Buchungen zusammengeführt. *Nebenbücher* (engl.: sub-ledger) werden bei wichtigen Vermögenswerten geführt, um eine detaillierte Verrechnung darstellen zu können. Beispiele für Nebenbücher sind die Debitorenbuchhaltung, die Kreditorenbuchhaltung und die Anlagenbuchhaltung. Die Integration von Hauptbuch und Nebenbüchern erfolgt über sogenannte *Abstimmkonten* (engl.: reconciliation account).

Die organisatorische Gliederung von Betrieben wird im SAP-System auf oberster Ebene durch das Konzept des *Mandanten* abgebildet. Der Mandant kann aus mehreren *Gesellschaften* (engl.: company) bestehen, für die nach der jeweiligen Handelsgesetzgebung ein Einzelabschluss zu erstellen ist. Beispiele sind die Tochtergesellschaften eines Konzerns oder einer Universität (etwa Weiterbildungsgesellschaft, Buchhandlung, Mensa usw.). Eine Gesellschaft kann

einen oder mehrere Buchungskreise umfassen. Der *Buchungskreis* (engl.: accounting area, company code) ist die kleinste organisatorische Einheit des externen Rechnungswesens, für die eine vollständige, in sich abgeschlossene Buchhaltung abgebildet werden kann. Jedem Buchungskreis muss ein *Kontenplan* (engl.: chart of accounts) zugeordnet sein. Dies ist der operative Kontenplan, der sowohl von der Finanzbuchhaltung als auch der Kostenrechnung verwendet wird. Neben dem operativen Kontenplan kann es einen Konzernkontenplan und einen Landeskontenplan geben, welche die für die Konsolidierung beziehungsweise nach dem jeweiligen Landesrecht erforderliche Gliederung aufweisen. *Geschäftsbereiche* (engl.: business area) sind organisatorische Einheiten, die einem abgegrenzten Tätigkeitsbereich oder Verantwortungsbereich im Unternehmen entsprechen, dem in der Finanzbuchhaltung erfasste Wertbewegungen zugerechnet werden können. Wird das *neue Hauptbuch von SAP* (engl.: new general ledger) eingesetzt, so ist für diesen Zweck anstelle des Geschäftsbereichs die Abbildung über *Segmente* oder eine *Profitcenterstruktur* üblich.

B

Abb. 5.3 zeigt als Beispiel die Aufbauorganisation (Auszug) und Struktur der Finanzbuchhaltung eines fiktiven Konzerns im Lebensmitteleinzelhandel. Der LEH-Konzern ist mit vier rechtlich selbstständigen Gesellschaften in Österreich und in Mittel- und Osteuropa (engl.: Central Eastern Europe, Abkürzung: CEE) vertreten. Dabei handelt es sich um eine Fleischproduktionsgesellschaft und drei Vertriebsgesellschaften, die über tausend Verkaufsstätten beliefern. Verkaufsstätten sind teils eigene Filialen, teils Läden, die im Franchising-System von selbstständigen Kaufleuten geführt werden, und ein Webshop, der jedoch nur in Wien eine Hauszustellung anbietet. Die Mittel- und Osteuropa-Gesellschaft (LEH-Filialen CEE AG) betreut bisher nur Filialen in Ungarn. In dem Konzern gibt es nur einen Kontenplan, der sowohl als operativer Kontenplan als auch als Konzernkontenplan und als Landeskontenplan dient. Die bilanziellen Anpassungen werden, um den unterschiedlichen nationalen und internationalen Buchhaltungsvorschriften zu entsprechen, durch spezielle Konten und Bilanzstrukturen ermöglicht. Die vier Tochtergesellschaften des LEH-Konzerns umfassen als kleinste bilanzierende Einheiten jeweils einen Buchungskreis. Als Geschäftsbereiche wurden die Werke und Verkaufsorganisationen definiert, wodurch das System die Salden der Sachkonten getrennt nach Werken, Lagerorten, Filialen, Franchise-Nehmern und Webshop fortschreibt. Der Geschäftsbereich wird in den einzelnen Belegpositionen gespeichert und kann für Auswertungen verwendet werden.

Ein *Kontenplan* ist das Verzeichnis aller Konten, die von einem oder mehreren Buchungskreisen gemeinsam verwendet werden. Im SAP-System sind *verschiedene Kontenarten* definiert: *Hauptbuchkonten* (engl.: general ledger account), *Debitorenkonten* (engl.: customer account), *Kreditorenkonten* (engl.: vendor account) und *Anlagenkonten* (engl.: asset account). Der Kontenplan enthält zu jedem Sachkonto die Kontonummer, die Kontobezeichnung und Angaben, welche die Funktion des Sachkontos festlegen.

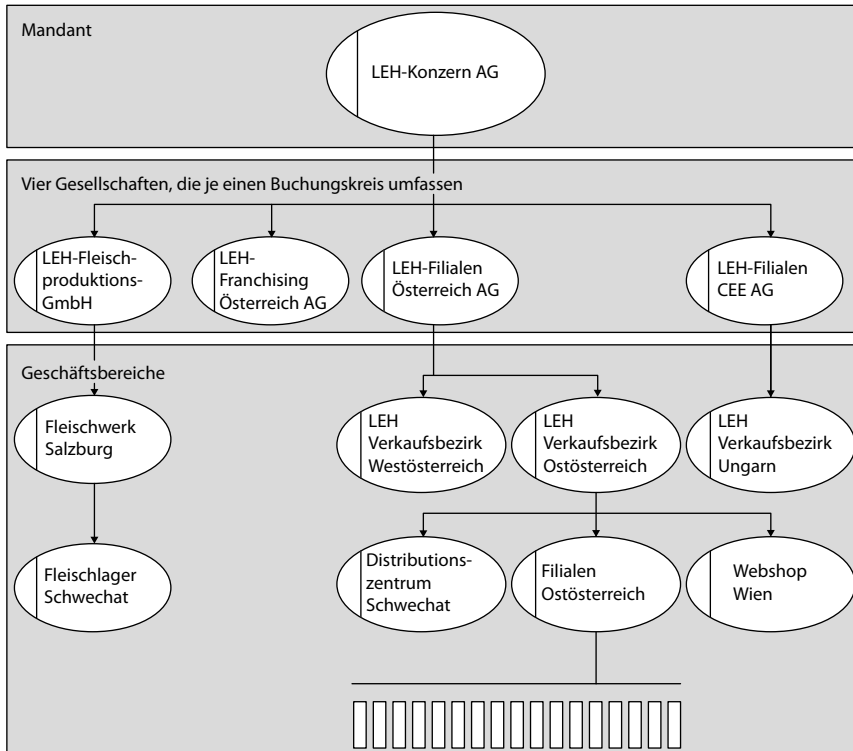


Abb. 5.3: Organigramm (Auszug) und Struktur der Finanzbuchhaltung eines Konzerns im Lebensmitteleinzelhandel

In SAP wird jeder Geschäftsvorfall durch ein spezielles Formular, das *Beleg* genannt wird, erfasst. Ein Beleg besteht aus einem Belegkopf und Belegpositionen. Der *Belegkopf* beinhaltet Daten, die für den gesamten Beleg gelten, wie zum Beispiel Belegart, Geschäftsjahr und Buchungsperiode. Der spezifische Inhalt von *Belegpositionen* ergibt sich durch die erbrachten Leistungen. Die Steuerung der Belegposition wird vor allem durch den *Buchungsschlüssel* bestimmt. Pro Kontenart sind nur bestimmte Buchungsschlüssel zulässig. SAP sieht *standardmäßig Nebenbücher für Kreditoren (Lieferanten) und Debitoren (Kunden)* vor (siehe Abb. 5.4). Buchhalterische Bewegungen werden für die Nebenbücher in der Nebenbuchhaltung geführt. Wird für einen Kunden zum Beispiel eine Faktura (Rechnung) ausgestellt, dann erfolgt durch eine „Mitbuchung“ (engl.: automatic entry to reconciliation account) automatisch auch eine entsprechende Forderungsbuchung im Hauptbuch auf ein Abstimmkonto. SAP nennt dieses Verfahren „*Mitbuchtechnik*“.

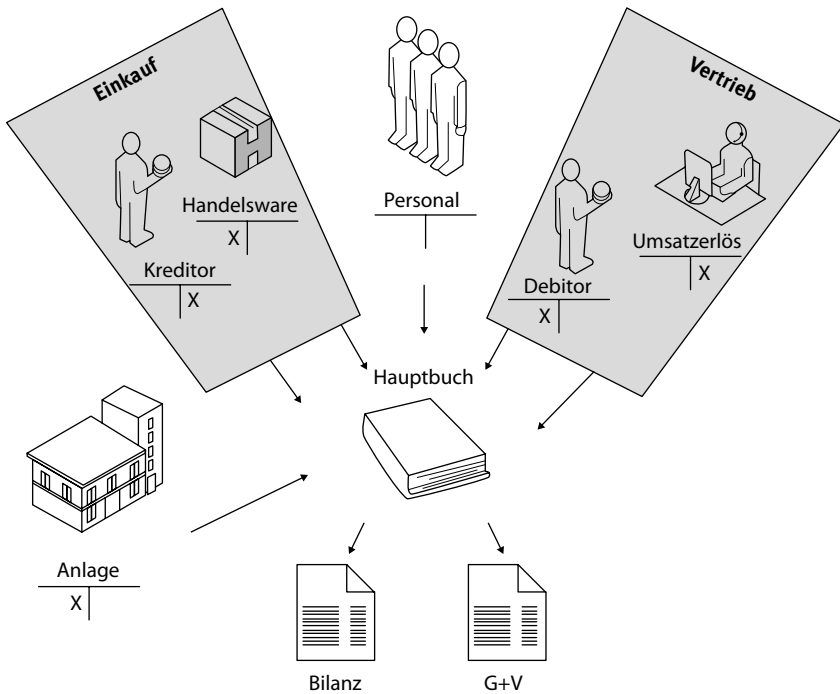


Abb. 5.4: Hauptbuch und Nebenbücher in der Finanzbuchhaltung mit SAP ERP

5.2.2 Aufgaben und Unterstützung der Kostenrechnung in SAP

Die primäre Aufgabe der *Kostenrechnung* (engl.: cost accounting) ist die *Kontrolle der Wirtschaftlichkeit* eines Betriebs. Die Basis für die Kostenrechnung bildet die Finanzbuchhaltung. Die Einführung einer Kostenrechnung erhöht den Aufwand für die Datenerfassung. In der Praxis erfolgt die *Kontierung* für die Kostenrechnung gleichzeitig mit der Kontierung für die Finanzbuchhaltung. Die Kostenrechnung ist im Gegensatz zur Finanzbuchhaltung *vor allem für interne Adressaten* gedacht und dient vornehmlich den Entscheidungsträgern im Betrieb. Viel mehr noch als die Finanzbuchhaltung muss die Kostenrechnung an die Anforderungen des Betriebs angepasst werden. Sie muss den Führungskräften genau jene Information liefern, die sie für ihre Entscheidungen benötigen. Der *Aufbau der Kostenrechnung* hängt hauptsächlich von der Organisationsstruktur (Zuordnung von Verantwortlichkeiten) im Betrieb ab.

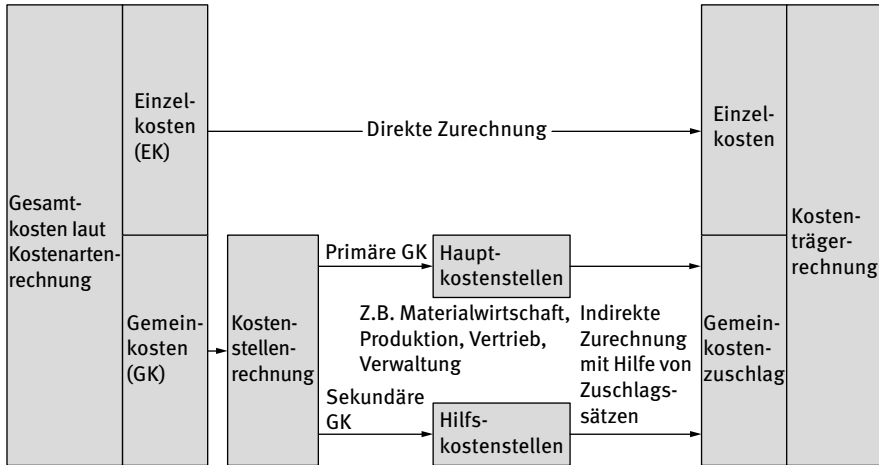


Abb. 5.5: Kostenarten-, Kostenstellen- und Kostenträgerrechnung

Teilgebiete der Kostenrechnung sind die Kostenarten-, Kostenstellen- und Kostenträgerrechnung (siehe Abb. 5.5). In diesen Rechnungen wird zwischen Gemeinkosten und Einzelkosten, zwischen Teilkosten- und Vollkostenrechnung sowie zwischen Istkosten und Plankosten unterschieden. Während eine *Kostenstelle* (engl.: cost center) den Ort der Kostenentstehung definiert, bezeichnet ein *Kostenträger* (engl.: cost object) ein konkretes Produkt oder einen Auftrag. Kosten, die direkt einem Produkt oder einem Auftrag zuordenbar sind, bezeichnet man auch als *Einzelkosten* (engl.: direct costs). Ein typisches Beispiel für Einzelkosten sind Materialkosten. *Gemeinkosten* (engl.: indirect costs, overhead costs) sind nicht einem einzelnen Produkt zuordenbar, wie zum Beispiel die Kosten für die Erstellung der Finanzbuchhaltung. Bei einer *Teilkostenrechnung* (engl.: marginal costing) spaltet man Kosten in fixe und variable Bestandteile auf. *Fixe Kosten* (engl.: fixed costs) sind jene Kosten, die auch anfallen, wenn der Betrieb nichts produziert. Bei der *Vollkostenrechnung* (engl.: absorption costing) erfolgt keine Trennung in fixe und variable Kosten. Eine *Teilkostenrechnung* liefert zum Beispiel durch die *Deckungsbeitragsrechnung* (engl.: contribution margin accounting) mehr Detailinformation für die Sortimentspolitik eines Betriebs als eine Vollkostenrechnung. Der *Deckungsbeitrag* (engl.: contribution margin) ist die Differenz zwischen Verkaufspreis und variablen Kosten. Schließlich wird noch zwischen *Istkosten* (engl.: actual costs) und *Plankosten* (engl.: planned costs) unterschieden. Die *Plankostenrechnung* (engl.: standard costing) richtet ihren Blick in die Zukunft, Kosten für die nächste Planungsperiode werden geschätzt. Die Plankosten werden im Rahmen des Soll-Ist-Vergleichs mit den Istkosten verglichen. In einer Abwei-

chungsanalyse werden die Ursachen für Abweichungen von den geplanten Werten ermittelt. Die gewonnene Information wird für die Steuerung des Betriebs genutzt und ermöglicht eine objektive Nachvollziehbarkeit der (messbaren) Handlungen im Betrieb.

In SAP Financials ist die Kostenrechnung im Modul *Management Accounting* implementiert und eng mit der Finanzbuchhaltung verknüpft. Die zentralen Elemente im internen Rechnungswesen nennt man *Objekte*. Im *Gemeinkostencontrolling* können Objekte für Kostenstellen, Aufträge, Projekte und Prozesse angelegt werden. Bei der *Kostenartenrechnung* werden die in der Finanzbuchhaltung erfassten Kosten und Erlöse in die Kostenrechnung überführt. Eine *Kostenart* klassifiziert den betriebszweckbezogenen bewerteten Verbrauch von Produktionsfaktoren innerhalb eines Kostenrechnungskreises. Einer Kostenart entspricht eine kostenrelevante Kontenplanposition.

Die Kosten werden aus vorgelagerten Systemen (Personalverrechnung, Finanzbuchhaltung, Materialwirtschaft usw.) in die *Kostenartenrechnung* (engl.: cost element accounting) übernommen. *Primäre Kostenarten* sind Kosten für Produktionsfaktoren, welche nicht selbst hergestellt werden, sondern von Beschaffungsmärkten bezogen werden. *Sekundäre Kostenarten* bezeichnen jene Kosten, die beim Verbrauch innerbetrieblicher Leistungen anfallen. Hierzu zählen etwa Umlagekostenarten, Kostenarten für die innerbetriebliche Leistungsverrechnung und interne/externe Auftragsabrechnungen.

Mithilfe der *Kostenstellenrechnung* (engl.: cost center accounting) wird der Ressourcenverbrauch gemessen. Dabei wird zwischen Hauptkostenstellen und Hilfskostenstellen unterschieden. Hauptkostenstellen haben einen Bezug zum Produkt (Kostenträger) und sie geben keine Leistungen an andere Kostenstellen ab. Die dort anfallenden Gemeinkosten werden dann über Zuschlagssätze auf den Kostenträger aufgeschlagen. Beispiele für Hauptkostenstellen sind Materialwirtschaft, Produktion, Vertrieb oder Verwaltung. Hilfskostenstellen erbringen Leistungen für die Hauptkostenstellen. Sie werden vor der Errechnung der Zuschlagssätze auf die Hauptkostenstellen umgelegt. Beispiele für Hilfskostenstellen sind die Hausverwaltung oder die Werksküche.

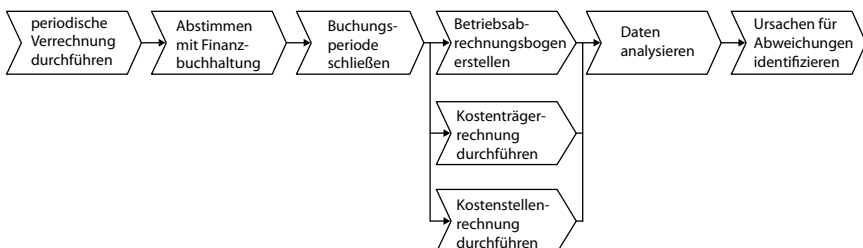


Abb. 5.6: Monatsabschluss der Kostenstellenrechnung als Wertschöpfungskette

In der Praxis hat sich die Einteilung der Kostenstellen nach Kostenumfang und Verantwortlichkeit als sinnvoll erwiesen. Außerdem sollte auf eine leicht nachvollziehbare Kontierung geachtet werden. Neben den Kosten müssen auch die Leistungsarten auf die Kostenstellen aufgeteilt werden, wobei ein linearer Zusammenhang zwischen der Leistungsmenge und den leistungsabhängigen Kosten gegeben sein sollte. Die Plankosten werden entsprechend der Kostenstellenstruktur definiert. Beim Monatsabschluss der Kostenstellenrechnung (siehe Abb. 5.6) erfolgen die periodischen Verrechnungen und eine etwaige Abstimmung mit der Finanzbuchhaltung. Danach wird die Buchungsperiode geschlossen, ein Betriebsabrechnungsbogen erstellt und eine Kostenstellenrechnung sowie eine Kostenträgerrechnung durchgeführt. Der nächste Schritt ist die Analyse und Interpretation der Daten, vor allem in Bezug auf die geplanten Werte. Ursachen für Abweichungen werden festgestellt und bei zukünftigen Entscheidungen berücksichtigt. Abhängig von der Größe des Betriebs entsteht auf diese Weise ein mehr oder weniger formelles Berichtswesen.

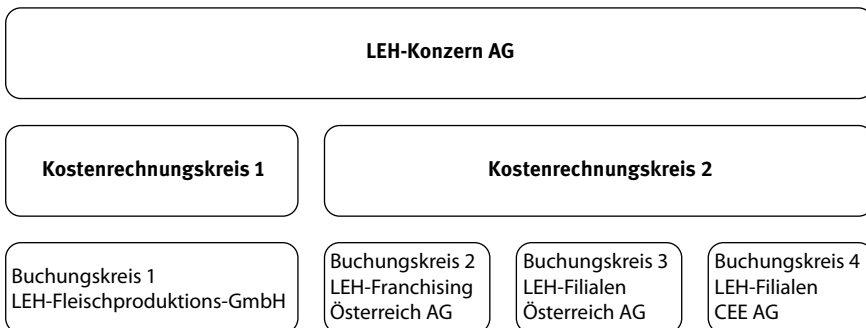


Abb. 5.7: Kostenrechnungskreise eines Konzerns im Lebensmitteleinzelhandel

Zurück zum *Beispiel des Konzerns im Lebensmitteleinzelhandel* (siehe Abb. 5.7): Es werden zwei *Kostenrechnungskreise* unterschieden, für die jeweils eine vollständige, in sich geschlossene Kostenrechnung durchgeführt wird:

B

- *Kostenrechnungskreis 1:* Die LEH-Fleischproduktions-GmbH, die den Buchungskreis 1 umfasst,
- *Kostenrechnungskreis 2:* Die drei LEH-Vertriebsgesellschaften (LEH-Franchising Österreich, LEH-Filialen Österreich, LEH-Filialen CEE), die die Buchungskreise 2 bis 4 umfassen.

Die Abgrenzung der beiden Kostenrechnungskreise ist wegen der unterschiedlichen Aufgabenstruktur in Produktions- und Vertriebsunternehmen erfolgt, die Zusammenfassung der Buchungskreise 2 bis 4 im Kostenrechnungskreis 2 ist auf die ähnlichen Geschäftsprozesse in diesen Buchungskreisen zurückzuführen. Die *Kostenstellenstruktur* orientiert sich

an der Aufbauorganisation und reicht in den Vertriebsgesellschaften bis hinab zu den einzelnen Verkaufsstätten. Der Kostenrechnungskreis 2 umfasst Buchungskreise, die zwei unterschiedliche Währungen führen (Österreich: Euro, Ungarn: Forint). Die Buchungskreise nutzen alle denselben operationalen Kontenplan.

Die *Produktkostenrechnung* (engl.: product cost accounting) dient der Beurteilung der Wirtschaftlichkeit eines Produkts oder einer Leistung. Der Kostenträger ist das zentrale Objekt. Die Produktkostenrechnung bildet ebenfalls die Grundlage für die Bewertung des Lagerbestands, für die Ermittlung des Grenzpreises und für die Beurteilung von Produktionsverfahren. Die Beurteilung der Produkte erfolgt auf Basis des Deckungsbeitrags, den die Produkte erbringen. Er bildet die Grundlage für Marketingentscheidungen wie zum Beispiel die Sortimentsgestaltung, die Preisfindung, die Werbung usw.

In der *Ergebnisrechnung* (engl.: profitability analysis) werden die Kosten den entsprechenden Leistungen zugeordnet. Ein Ergebnisausweis kann periodenbezogen, auftrags- oder projektbezogen erfolgen. Eine spezielle Form der Ergebnisermittlung ist die *Profitcenterrechnung* (engl.: profit center accounting). Während bei der Ergebnisrechnung nur nach operativen Merkmalen wie Produktgruppen, Vertriebsweg, Absatzmarkt usw. ein Ergebnis ermittelt wird, führt die Profitcenterbetrachtung eine zusätzliche Ebene ein, die dann statisch allen Vorgängen zugeordnet wird.

5.3 Personalwirtschaft

5.3.1 Aufgaben der Personalwirtschaft



Unter **Personalwirtschaft** oder **Personalwesen** (engl.: human resources, Abkürzung: HR; human resource capital management; Abkürzung: HCM) versteht man die Bereitstellung und den zielgerichteten Einsatz von Mitarbeitern (Personal) in Betrieben. Wirtschaftliche Ziele sind die Sicherstellung der Verfügbarkeit von bestgeeigneten Mitarbeitern und ihres effizienten Arbeitseinsatzes. Soziales Ziel ist die bestmögliche Gestaltung der Arbeitsverhältnisse für die Mitarbeiter.

Personalentscheidungen haben großen Einfluss auf die Umsetzung der Strategie und den Erfolg eines Betriebs. Die *Anforderungen an die Personalwirtschaft* hängen stark von der Betriebsgröße und der Branche ab. In größeren Betrieben sind aufgrund der aufwendigeren und stärker formalisierten Personalwirtschaft eigene Personalabteilungen eingerichtet. Die Dokumentation und damit die Unterstützung durch Informationssysteme spielen eine größere Rolle. Die Personalabteilung kümmert sich um die Personaladministration und in Zusam-

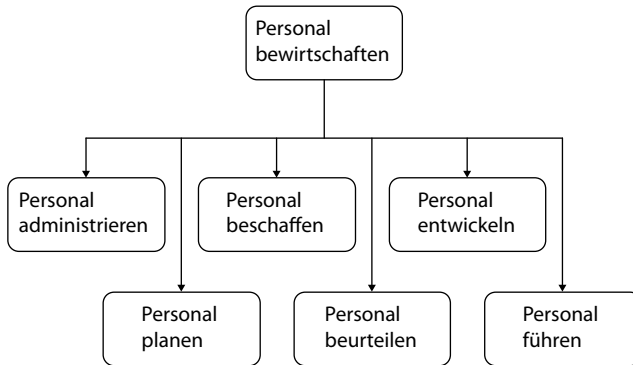


Abb. 5.8: Funktionshierarchiebaum für die Personalwirtschaft

menarbeit mit den Fachabteilungen um die Personalplanung, Personalbeschaffung, Personalbeurteilung, Personalentwicklung und Personalführung (siehe Abb. 5.8). Strategische Vorgaben, insbesondere hinsichtlich der Personalführung, kommen von der Geschäftsführung.

Die *Personaladministration* (engl.: *personnel administration*) betrifft vor allem die Erfassung und Pflege von Stammdaten des Personals und die Personalinformation. Darüber hinaus werden Basisdaten für die Lohn- und Gehaltsverrechnung zur Verfügung gestellt. Die Verrechnung selbst erfolgt meist durch die Finanzbuchhaltung (in vielen Fällen extern). Weitere Aufgaben sind das Organisationsmanagement, insbesondere die Dokumentation der Aufbauorganisation mittels Organigrammen und Stellenbeschreibungen, arbeits- und sozialrechtliche Fragen, das Sozialwesen und die Freisetzung von Mitarbeitern.

Die *Personalplanung* (engl.: *personnel planning*) beinhaltet die Laufbahnplanung, Besetzungsplanung, Personalbestandsplanung, Personalbedarfsplanung, Personaleinsatzplanung und Personalveränderungsplanung.

Die *Personalbeschaffung* (engl.: *recruitment*) dient der Besetzung von Stellen. Dafür muss zuerst ein Anforderungsprofil (Stellenbeschreibung) erstellt werden. Die Nachbesetzung einer vorhandenen Stelle erfolgt auf Basis der Stellenbeschreibung. Die Nachbesetzung kann aus den eigenen Reihen oder durch neu aufgenommene Mitarbeiter erfolgen. Soll ein neuer Mitarbeiter rekrutiert werden, dann muss zunächst festgelegt werden, inwieweit der Betrieb selbst die Anwerbung durchführt oder ob ein Vermittler (Arbeitsmarktservice, Berater, Jobbörse) eingesetzt wird. Danach stellt sich die Frage, welche Auswahlverfahren angewendet werden sollen. Das Spektrum reicht von einer Analyse der Bewerbungsunterlagen und Einzelinterviews mit den in die engere Wahl gekommenen Bewerbern bis hin zu einem Assessment Center.

Bei der *Personalbeurteilung* (engl.: *personnel evaluation*) werden die Mitarbeiter des Betriebs hinsichtlich ihrer Leistung beurteilt. Durchgeführt wird diese Beurteilung von einer Person, die den Arbeitsalltag des Beurteilten auch nachvollziehen kann (in der Regel der unmittelbare Vorgesetzte). Die Beurteilung dient als Grundlage für zukünftige Personalentscheidungen, insbesondere die Personalentwicklung (Training), die Lohn- und Gehaltsdifferenzierung und die Personalplanung. Darüber hinaus wird sie zur Personalführung sowie zur Bewertung der Effizienz der Personalarbeit herangezogen.

Betriebe führen *Personalentwicklung* (engl.: *personnel development*) durch, um die Mitarbeiterqualifikation zu verbessern, die Motivation der Mitarbeiter zu erhöhen und um diese stärker an den Betrieb zu binden. Maßnahmen zur Personalentwicklung setzen bei den Personen und bei der Arbeitssituation an. Mögliche Maßnahmen sind Karrieregespräche, Traineeprogramme, interne und externe Weiterbildungskurse, Definition von Entwicklungszielen von Mitarbeitern, Coaching und Jobrotation (zum Beispiel geplante Auslandsaufenthalte).

Zu den Aufgaben der *Personalführung* (engl.: *personnel management*) zählen der Führungsstil, die Vereinbarung von Zielvorgaben, die Motivation und Betreuung der Mitarbeiter, das innerbetriebliche Vorschlagswesen und Anreizsysteme wie zum Beispiel Prämien, sichtbare Auszeichnungen usw. Einerseits sind diese personalwirtschaftlichen Konzepte und Maßnahmen zu entwickeln und zu kommunizieren, andererseits ist ihre Einhaltung durch die Fachabteilungen zu unterstützen (durch Schulung, Formulare, Erinnerungen usw.), zu überwachen und im Ergebnis zu dokumentieren.

5.3.2 Unterstützung der Personalwirtschaft in SAP

Ein *Personalinformationssystem* unterstützt die Personalabteilung bei der Stammdatenerfassung und -verwaltung sowie die Personalabteilung und die Fachabteilungen gemeinsam bei allen vorstehend genannten Prozessen. In SAP heißt die entsprechende Komponente *Human Capital Management* (Abkürzung: HCM) beziehungsweise *Human Resources* (Abkürzung: HR). *HCM-Kernfunktionen* sind: Personalinformation, Personalcontrolling, Personalbeschaffung, Personalentwicklung und Personalisierung. Unter dem letztgenannten Punkt wird der Zugriff auf maßgeschneiderte Information über Portale verstanden.

Die Personaladministration, Personalplanung und Personalführung sind bei SAP unter der Bezeichnung *Personalcontrolling* zusammengefasst. Das *Employee Lifecycle Management* dokumentiert den Berufsweg der Mitarbeiter

(engl.: employee) von der Stellenausschreibung über die Bewerbung und Einstellung bis hin zur Laufplan- und Nachfolgeplanung. Mithilfe der angebotenen Funktionen können Entwicklungspläne erstellt, Personalkosten geplant und hoch qualifizierte Talente („High Potentials“) innerhalb des Betriebs identifiziert und gefördert werden. Das *Employee Transaction Management* beinhaltet die Personaladministration (HR Administration), die *Organisationsverwaltung* (engl.: organizational management), die *Freisetzung von Personal* (engl.: labour displacement), die *Mitarbeiterförderung* (engl.: benefits management), die *Lohn- und Gehaltsabrechnung* (engl.: global payroll) und die *Arbeitszeiterfassung* (engl.: time and attendance recording). Die Zeiterfassung kann dabei direkt mit Kontierungsobjekten integriert werden.

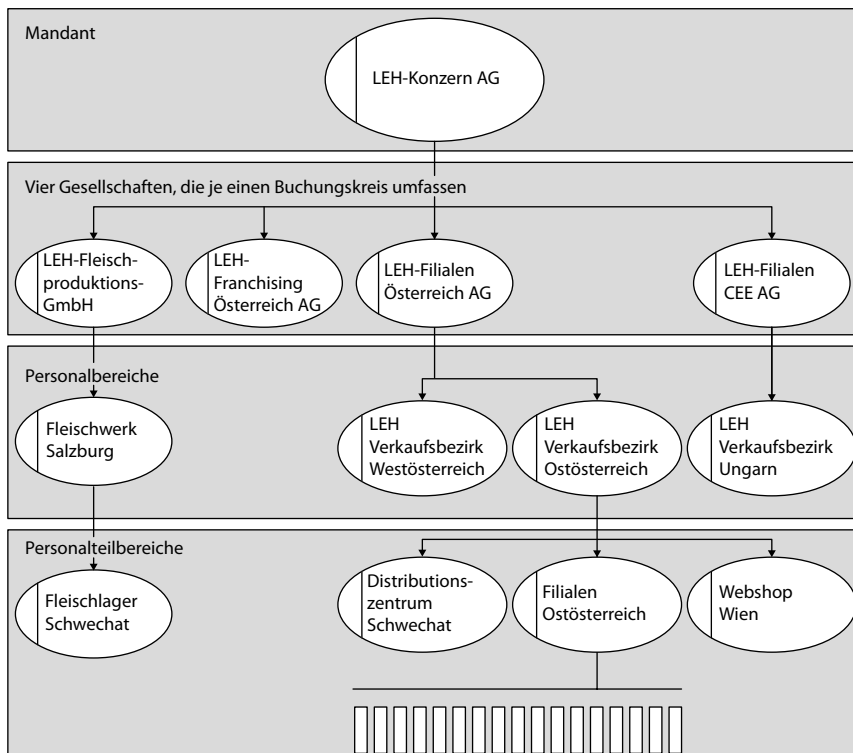


Abb. 5.9: Personalorganisation eines Konzerns im Lebensmitteleinzelhandel

Sie ersehen aus Abb. 5.9, dass sich die Personalorganisation unseres Beispielkonzerns im Lebensmitteleinzelhandel an der auszugsweise dargestellten Unternehmensstruktur orientiert. Auf der *Mandantenebene* werden die Personalstammsätze, die Berechtigungsprofile und die Standardauswertungen definiert. Innerhalb des Mandanten wurden in

Abstimmung mit dem Finanz- und Rechnungswesen und der Warenwirtschaft vier *Buchungskreise* eingerichtet, die den vier Konzerngesellschaften entsprechen. Auf der Ebene der Buchungskreise werden Vorschlagswerte für den Länderschlüssel bei Personen-, Adressen- und Bankdaten, den Währungsschlüssel bei den Basisbezügen und den Sprachenschlüssel für die Ausgabe von Texten, zum Beispiel auf dem Entgeltnachweis des Mitarbeiters, definiert. Die *Personalbereiche* entsprechen im vorliegenden Fall den Werken und Verkaufsbezirken, die *Personalteilbereiche* den Lagern und Verkaufsstätten. Diese Abgrenzung wurde gewählt, weil sich die erforderlichen Qualifikationen, die Tarif- und Lohnartenstruktur und die Arbeitsplanung in diesen Teilbereichen stark unterscheiden. In dem Fleischwerk und den zugeordneten Lagern wird hauptsächlich mit Vollzeitkräften im Schichtbetrieb gearbeitet und nach Akkord bezahlt, im Verkauf gibt es auf der Filialebene viele Teilzeitbeschäftigte und es werden umsatzabhängige Provisionen bezahlt. Mit dem *Organisationsschlüssel* wird die Personalstruktur verfeinert. Zum Beispiel kann damit ein Mitarbeiter einem bestimmten Tätigkeitsfeld in einem Distributionszentrum oder einer Verkaufsstätte zugeordnet werden. Im vorliegenden Fall wurden die Elemente *Buchungskreis*, *Personalbereich* und *Personalteilbereich* in den Organisationsschlüssel integriert. Der Organisationsschlüssel wird bei der Zugriffskontrolle verwendet, um Mitarbeiter für den Zugriff auf Daten und Funktionen im SAP-System zu berechnen.

5.4 Materialwirtschaft

5.4.1 Aufgaben der Materialwirtschaft



Unter **Materialwirtschaft** (engl.: materials management) versteht man die Planung, Steuerung, Verwaltung und Kontrolle der Materialbestände und -bewegungen innerhalb eines Betriebs und zwischen dem Betrieb und seinen Marktpartnern (Lieferanten, Kunden, Distributionsdienstleistern). In der *Industrie* ist die Materialwirtschaft eng verzahnt mit der Produktion, die mit den richtigen Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen, Zulieferteilen und Halbfabrikaten zur richtigen Zeit am richtigen Ort in der richtigen Menge und der richtigen Qualität versorgt werden muss. Darüber hinaus ist allgemein die Versorgung mit indirekten Gütern wie Büroartikel, Ersatzteile oder Serviceleistungen erforderlich. Im *Handel* spricht man von der **Warenwirtschaft** (Synonym), die für die Kunden einen möglichst hohen Servicegrad (Lieferbereitschaft) zu möglichst niedrigen Kosten sicherstellen soll. *Hauptaufgabengebiete* der Materialwirtschaft sind der *Einkauf*, die *Lagerhaltung*, die *Disposition* und die *Rechnungsprüfung*. Der noch umfassendere Begriff **Logistik** (engl.: logistics) umfasst neben der Materialwirtschaft auch den Transport, den Zwischenwerksverkehr, Warenumschlagsstellen, die Instandhaltung und die Entsorgung (Abfallwirtschaft, Recycling).

Einen Überblick über die Funktionen der Materialwirtschaft bietet Abb. 5.10.

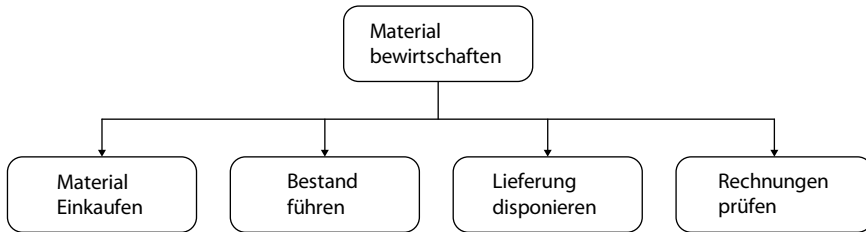


Abb. 5.10: Funktionshierarchiebaum für die Materialwirtschaft

Im *Einkauf* erfolgt die Beschaffung von Produkten und Dienstleistungen. Wir verwenden die Begriffe „Einkauf“ (engl.: purchasing) und „Beschaffung“ (engl.: procurement) synonym. Aufgrund von Bedarfsprognosen und Bedarfsmeldungen der anfordernden Stellen werden in Frage kommende Lieferanten gesucht, Angebote eingeholt, verglichen und verhandelt, Rahmenvereinbarungen, Bestellungen und Auftragsvergaben vorbereitet, abgewickelt und überwacht.

Aufgaben der *Lagerhaltung* (engl.: warehouse management) sind die Einlagerung (Wareneingang), Aufbewahrung und Bereitstellung (Warenausgang) von Gütern. Die Lagerhaltung dient zur Aufrechterhaltung einer optimalen Produktions- und Lieferbereitschaft bei minimaler Kapitalbindung. Dabei soll ein Stillstand in der Produktion und andererseits der Ausverkauf von Artikeln auf der Absatzseite verhindert werden.

Zum *Wareneingang* (engl.: goods receipt) gehören die Warenannahme, die Eingangskontrolle, die bestandsmäßige Erfassung und die Einlagerung. Die *Warenannahme* (engl.: goods accepted) beinhaltet die Bereitstellung der Ware durch den Transporteur, die Kontrolle der Korrektheit des Lieferscheins, die Überprüfung der Transportbehälterzahl, die Feststellung eventueller Transportschäden sowie das Abladen. Die *Eingangskontrolle* (engl.: receiving inspection) dient zur Überprüfung, ob die auf dem Lieferschein vermerkten Angaben mit der oder den Bestellungen und der Lieferung übereinstimmen. Ferner erfolgt häufig eine Stichprobenentnahme für die Qualitätssicherung. Die *Kommissionierung* (engl.: picking) beinhaltet das Sammeln und Bereitstellen von Materialien im Lager aufgrund eines Lieferauftrags. Die *Bestandsführung* (Lagerbuchhaltung; engl.: inventory management) erfasst mengen- und wertmäßig die vorhandenen Bestände an Materialien und ihre Veränderungen (Wareneingänge und -ausgänge aufgrund von Bestellungen beziehungsweise Aufträgen, Verderb, Schwund, Diebstahl).

Die *Disposition* (engl.: material requirements planning, Abkürzung: MRP) hat die Aufgabe, die Lagerbestände zu überwachen und anhand der eingehenden Aufträge oder Vorhersagen der Bestandsentwicklung eine Vorplanung der Bestände zu treffen. Sie ermittelt, welches Material zu welchem Zeitpunkt in welcher Menge benötigt wird.

Im Rahmen der *Rechnungsprüfung* (engl.: invoice verification) werden die Bestellungen mit den Wareneingangsanzeigen und den Eingangsrechnungen auf sachliche Richtigkeit verglichen. Die Wareneingangsanzeigen werden bei der Warenannahme und Eingangskontrolle im Lager erstellt.

5.4.2 Unterstützung der Materialwirtschaft in SAP

In SAP ist die *Materialwirtschaft* ein Teil von „Operations“. Das *SAP-Programmprodukt Materialwirtschaft* (engl.: materials management, Abkürzung: MM) beinhaltet Module für die in Abb. 5.10 im Überblick dargestellten Funktionen. Der grundlegende Integrationsansatz ist dabei, dass alle Waren- und Wertflüsse eine Entsprechung in der Finanzwirtschaft haben. Die Lagerverwaltung im Rahmen der Materialwirtschaft beschränkt sich auf die Bestandsführung, es gibt jedoch standardisierte Schnittstellen zu speziellen Lagerhaltungssystemen von Drittanbietern. Ein weiteres Modul, auf das wir hier nicht näher eingehen, unterstützt die Erstellung von Leistungsverzeichnissen, die Ausschreibung und Vergabe von Dienstleistungen.

Ferner ist die Materialwirtschaft ein Teil des *Supply-Chain-Managements*, für das SAP (wie andere große Softwarehersteller) ein spezielles Programmsystem (SAP SCM) anbietet. Supply-Chain-Management ist ein strategisches Konzept, das darauf abzielt, die Geschäftsprozesse, die entlang der *Lieferkette* (engl.: supply chain; Synonym: Versorgungskette) vom ersten Rohstofflieferanten bis zum Endverbraucher auftreten, möglichst effizient und kostengünstig zu gestalten. Wir behandeln das Supply-Chain-Management in Kapitel 6. In den jetzt folgenden Ausführungen geht es primär um die Waren- und Informationsflüsse innerhalb des Betriebs sowie zu den unmittelbar vor- und nachgelagerten Geschäftspartnern (operative Ebene).

Einkaufsorganisation, Werk und Lagerort sind in SAP *Organisationseinheiten der Materialwirtschaft* und der Mandanten- und Buchungskreisebene nachgeordnet. Eine *Einkaufsorganisation* (engl.: purchasing organization) beschafft Materialien, sie handelt mit den Lieferanten Einkaufskonditionen aus und ist für diese Geschäfte verantwortlich. Die Formen der Beschaffung – unternehmensweit, buchungskreis- beziehungsweise firmenbezogen, werkspezifisch oder Mischformen – werden durch die Zuordnung von Einkaufsorganisationen zu Buchungskreisen und Werken festgelegt. Ein *Werk* (engl.: plant) ist in der SAP-Terminologie nicht nur (wie sonst meist üblich) eine Produktionsstätte, sondern auch eine organisatorische Einheit der Materialwirtschaft und des Vertriebs, die Materialien beziehungsweise Waren und Dienstleistungen bereitstellen. Ein *Lagerort* (engl.: storage location) ist eine organisatorische Einheit, die

eine Unterscheidung von Materialbeständen innerhalb eines Werks ermöglicht. Das heißt, die physische (mengenmäßige) Bestandsführung erfolgt auf Ebene des Lagerorts.

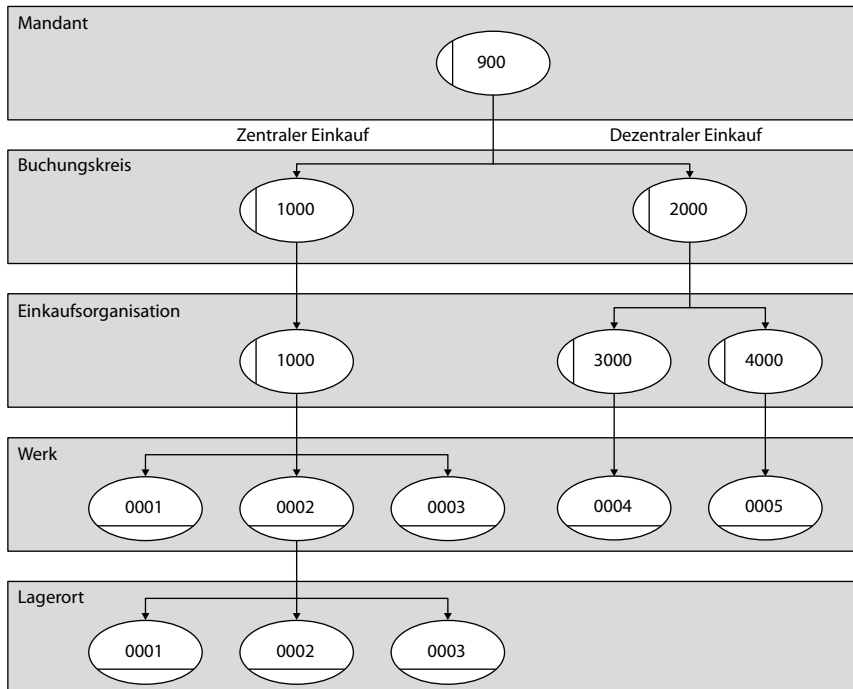


Abb. 5.11: Organisationsstruktur der Materialwirtschaft in SAP – Beispiel eines Unternehmens mit zentralem und dezentralem Einkauf (Quelle: SAP)

Unser *Beispiel-Lebensmittelfilialbetrieb* hat, wie die meisten Unternehmen seiner Art, nur einen Zentraleinkauf und kooperiert mit anderen Lebensmitteleinzelhandelsbetrieben, um durch die gemeinsame Bestellung sehr großer Mengen bei den Lieferanten möglichst günstige Preise zu erhalten.

B

5.5 Produktion

5.5.1 Aufgaben der Produktion

Unter **Produktion im weiteren Sinn** versteht man die Erzeugung von Produkten und Dienstleistungen aller Art in allen Bereichen der Wirtschaft und Gesellschaft (Industrie, Handwerk, Land- und Forstwirtschaft, Banken und Versicherungen, Transportwirtschaft usw.). Die **Produktion im**

!

engeren Sinn (engl.: production; manufacturing; Synonym: Fertigung) beinhaltet die industrielle Leistungserstellung: Aus Rohstoffen, Zulieferteilen und Halbfabrikaten werden in einem vom Menschen bewirkten Transformationsprozess unter Einsatz von Arbeit, Betriebsmitteln (Maschinen, Werkzeuge usw.) und Werkstoffen lagerbare Sachgüter erzeugt.

Unter *Produktionsmanagement* (engl.: production management) versteht man alle Managementaufgaben der Produktion im engeren Sinn. Dazu gehören strategische, taktische und operative Maßnahmen. *Strategische Entscheidungen* sind in der Regel einmalig und unabhängig von konkreten Aufträgen und der laufenden Fertigung zu treffen. Sie beinhalten grundlegende Festlegungen zu Produktfeldern, Breite und Tiefe des Produktionsprogramms, Produktionsstandorten, Betriebsgrößen (Kapazitätsdimensionierung), Fabrikplanung und generellen Fertigungsprozessabläufen (Organisationstypen der Produktion). *Taktische Entscheidungen* betreffen die Ausgestaltung der Produktfelder nach Art und Qualität der Produkte, die Wahl zwischen Eigenfertigung und Fremdbezug, die mittelfristige Personal- und Ausrüstungsplanung, die Planung der Verfahrensentwicklung, die Logistik- und Layoutplanung sowie die mittelfristigen Aufgaben der Arbeitsvorbereitung. *Operative Entscheidungen* beziehen sich auf die periodenbezogene Produktionsprogrammplanung, die Produktionsablaufplanung (Mengenplanung, Termin- und Kapazitätsplanung) und die Produktionssteuerung (Auftragsveranlassung und Auftragsüberwachung).

Die operative *Produktionsplanung und -steuerung* geht von einem gegebenen *Fertigungssystem* aus, das im Rahmen des strategischen und taktischen Produktionsmanagements festgelegt wird. In der Praxis existiert eine *Vielfalt von Systemtypen*. Wir behandeln hier nur kurz die wichtigsten Fertigungsverfahren. *Grundlegende Organisationstypen der Produktion* sind die Fließfertigung, die Werkstattfertigung und die Gruppenfertigung.

Bei der *Fließfertigung* (engl.: continuous flow production) werden die Arbeitsplätze und Betriebsmittel in der Abfolge der an dem Erzeugnis vorzunehmenden Arbeitsgänge angeordnet (Flussprinzip). Wenn durch eine Fertigungsstraße für jeden Arbeitsschritt eine genau bemessene Arbeitszeit vorgesehen ist, handelt es sich um *Fließfertigung mit Zeitzwang*. Wird kein Arbeitstakt vorgegeben, so liegt *Fließfertigung ohne Zeitzwang* (Synonym: Reihenfertigung) vor. Bei der *Werkstattfertigung* (engl.: job shop production) erfolgt die Anordnung der Arbeitsplätze und Maschinen nach Tätigkeitsschwerpunkten (Verrichtungsprinzip); gleiche Produktionstätigkeiten werden an einem abgegrenzten Ort zusammengefasst (zum Beispiel Tischlereiarbeiten, Drehereiarbeiten usw.). Die *Gruppenfertigung* (engl.: batch production) ist eine Mischform der genannten Verfahren: Manche Teile des Produkts werden am Fließband produziert, andere Teile durch Werkstattfertigung. Dadurch können die Transportwege im Betrieb

verringert und Zwischenlager abgebaut werden, man erreicht mehr Flexibilität im Vergleich zur reinen Fließbandfertigung.

Nach der Zahl der gefertigten Einheiten eines Produkts (Fertigungsauftragsgröße) unterscheidet man die *Einzelfertigung* und die *Mehrfachfertigung*, die man in die Massenfertigung, die Serienfertigung und die Sortenfertigung unterteilen kann. Bei der *Einzelfertigung* (engl.: make-to-order production) wird jeweils nur eine Einheit eines Erzeugnisses hergestellt. Bei der *Serienfertigung* (engl.: serial production) werden mehrere gleichartige Produkte gleichzeitig oder unmittelbar aufeinander folgend hergestellt. Nach der Zahl der pro Serie gefertigten Einheiten unterscheidet man die Klein-, Mittel- und Großserienfertigung. Von *Sortenfertigung* (engl.: variety production) spricht man, wenn artverwandte Produkte in begrenzten Mengen nach demselben Fertigungsablauf hergestellt werden. Bei der *Massenfertigung* (engl.: mass production) wird ein Erzeugnis in großen Mengen hergestellt; die Zahl der gefertigten Einheiten ist nicht von vornherein begrenzt, sondern in der Regel absatzabhängig. Diese Produktionsform bietet die besten Voraussetzungen für eine Automatisierung, verursacht aber hohe Umrüstzeiten und damit hohe Kosten.

Beispiele für die Einzelfertigung sind der Bau eines Kreuzfahrtschiffs oder das Schneiden eines Maßanzugs. Möbelfabriken und Flugzeughersteller produzieren meist in Serie. Für Weinproduzenten und Kaffeeröstereien ist die Sortenfertigung typisch. Waschmittel und Zigaretten werden in der Regel in Massenfertigung hergestellt. Handelsbetriebe haben an sich keine Produktion, das heißt, die eingekauften Produkte werden ohne Be- oder Verarbeitung weiter verkauft. Große Unternehmen im *Lebensmitteleinzelhandel*, wie zum Beispiel der in diesem Kapitel wiederholt erwähnte LEH-Konzern, besitzen jedoch oft eigene Fleischwerke und Bäckereien.

B

Der Begriff **Industrie 4.0** (engl.: industry 4.0) steht für die vierte industrielle Revolution, bei der auf Basis von intelligenten, digital vernetzten Systemen und dem Internet der Dinge eine weitestgehend selbstorganisierte Produktion ermöglicht werden soll.

!

Industrie 4.0 ist ein Schlagwort zur Charakterisierung der Entwicklung der industriellen Fertigung. Nach der Erfindung der Dampfmaschine (erste industrielle Revolution), Massenproduktion mittels Elektrifizierung und Automatisierung der Fertigung (zweite industrielle Revolution), der Digitalisierung der Informationsverarbeitung (dritte industrielle Revolution) erfolgt nun die vernetzte Fertigung. Betriebsmittel (Maschinen, Werkzeuge usw.), Materialien (Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe, Zulieferteile, Halbfabrikate, Fertigprodukte) und Arbeitsplätze in der Produktion sollen sich durch eingebettete Prozessoren und Sensoren vernetzen und miteinander kommunizieren. Dadurch entsteht mehr Transparenz im Produktionsmanagement, beispielsweise für die *vorausschauende Instandhaltung* (engl.: predictive maintenance), und Entscheidungen der

Fertigungssteuerung können dezentralisiert und weitgehend autonom im Rahmen der Fertigung getroffen werden. Die entstehenden Produkte kennen und aktivieren die für ihre Herstellung nötigen Arbeitsschritte und Ressourcen und lösen nur bei Störungen oder Zielkonflikten Gegenmaßnahmen durch den Menschen aus. Durch diese hoch flexible Fertigungssteuerung wird die *individualisierte Massenfertigung* (engl.: mass customization), das heißt, die Herstellung individueller Produkte nach den Anforderungen der Kunden, bis hin zur Losgröße von einem Stück unterstützt.

Derzeit befindet sich dieser Ansatz noch weitgehend im Forschungsstadium. In der Praxis sind Industrie-4.0-Projekte meist Insellösungen in einem frühen Erprobungsstadium. Zahlreiche Fragen, wie etwa Normen und Standards, Datensicherheit usw., sind bisher ungelöst. Nichtsdestoweniger werben viele Softwarehersteller schon jetzt eifrig für ihre Infrastruktursoftwareprodukte, die auch „Industrie 4.0“ beziehungsweise die „smarte Fabrik“ ermöglichen sollen.

5.5.2 Unterstützung der Produktion in SAP

ERP-Komplettpakete für Großbetriebe unterstützen alle oben genannten Produktionstypen für viele Branchen. Wir konzentrieren uns in der Folge auf die *operative Produktionsplanung und -steuerung*, die durch Standardsoftware weitreichend unterstützt wird.



Ein **Produktionsplanungs- und -steuerungssystem** (Abkürzung: PPS; engl.: production planning and control system) ist ein Anwendungssoftwaresystem, das die operative Produktionsplanung und -steuerung unterstützt. Die *operative Produktionsplanung* legt zur Deckung eines vorliegenden oder erwarteten Bedarfs das Produktionsprogramm sowie den mengenmäßigen und zeitlichen Produktionsablauf für ein gegebenes Fertigungssystem kurzfristig fest und sorgt für die Bereitstellung der notwendigen Arbeitskräfte, Betriebsmittel und Werkstoffe. Die *Produktionssteuerung* löst die hierfür erforderlichen Fertigungsaufträge aus und überwacht deren Durchlauf.

Die auf dem Markt angebotenen PPS-Softwarepakete verwenden vorwiegend eine *Sukzessivplanung* (engl.: successive planning), die auf Weiterentwicklungen des in den späten 1950er Jahren in Nordamerika entstandenen *MRP-Konzepts* basiert (siehe Abb. 5.12). Bei diesem Konzept wird die Planung in einem hierarchisch gestaffelten Ablauf mit zunehmendem Detaillierungsgrad und abnehmendem Planungshorizont durchgeführt. Von übergeordneten Planungsstufen, zum Beispiel der Produktionsprogrammplanung, werden nachgeordnete Planungsstufen, wie die Mengenplanung und die Termin- und Kapazitätsplanung, abgeleitet. Die Pla-

nungsergebnisse einer Stufe sind Vorgaben für die nachfolgende. Die Planungsstufen werden von einer gemeinsamen Stammdatenverwaltung unterstützt.

Die *Produktionsprogrammplanung* (engl.: production program planning) legt auf Basis der vorliegenden Kundenaufträge und eines eventuell vorgegebenen mittelfristigen Produktionsprogramms fest, welche Erzeugnisse (Primärbedarf, Bedarf an verkaufsfähigen Enderzeugnissen) in welcher Menge in den nächsten Perioden erzeugt werden sollen.

In der anschließenden *Mengenplanung* (*plangesteuerte Disposition*; engl.: deterministic material requirements planning, Abkürzung: MRP) wird durch eine Stücklistenauflösung der Erzeugnisse der Bedarf der hierfür nötigen Rohstoffe, Teile und Baugruppen (Sekundärbedarf) geklärt. Eine *Stückliste* gibt die Mengen aller Rohstoffe, Teile und Baugruppen an, die für die Fertigung einer Einheit des Erzeugnisses oder einer Gruppe erforderlich sind. Zunächst werden für eine bestimmte Zeitspanne ohne Berücksichtigung der Lagerbestände die Bruttobedarfe ermittelt. In einer zweiten Rechnung werden unter Berücksichtigung der Lagerbestände die Nettobedarfe, das sind die tatsächlich benötigten Materialmengen, festgestellt und periodenweise zusammengefasst. Das Ergebnis dieser Phase sind grob terminierte Produktionsaufträge für alle zu fertigenden Erzeugnisse und Bestellaufträge.

In der darauf folgenden *Terminplanung* (engl.: time scheduling) werden zunächst mittels verschiedener Verfahren der Losgrößenberechnung Fertigungs- und Montagelose gebildet und anhand von Arbeitsplänen die Start- und Endtermine der zur Herstellung erforderlichen Arbeitsgänge ermittelt. Ein *Arbeitsplan* kennzeichnet die Arbeitsvorgangsfolge, die Maschinenauswahl, die Bearbeitungszeit, die notwendigen Rückvorgänge und die zu verwendenden Werkzeuge. Im Anschluss an diese sogenannte *Durchlaufterminierung* (engl.: lead time scheduling) erfolgt eine *Kapazitätsbedarfsermittlung und -abstimmung* der benötigten Ressourcen (Maschinen, Maschinengruppen, Werkstätten). Überlastungen werden meist manuell durch Terminverschiebungen nicht zeitkritischer Aufträge, durch Überstunden oder durch Fremdaufträge beseitigt. Die Festlegung der Belegungsreihenfolge von Kapazitäten und Ressourcen durch die Arbeitsgänge von Fertigungsaufträgen erfolgt mittels Prioritätsregeln im Rahmen der *Reihenfolgeplanung*. Damit ist die Produktionsplanung abgeschlossen und die Aufträge können an die Fertigung übergeben werden.

Die *Produktionssteuerung* (Synonym: Fertigungssteuerung; engl.: production control) wird mit der *Auftragsveranlassung* eingeleitet, die nach Bestätigung der Verfügbarkeit der zur Auftragserfüllung erforderlichen Materialien und Betriebsmittel die *Auftragsfreigabe* erteilt. Die *Auftragsüberwachung* soll einen planmäßigen, reibungslosen Ablauf der Fertigungsprozesse sicherstellen und bei Störungen eine Auftragskorrektur einleiten. Dementsprechend müssen die

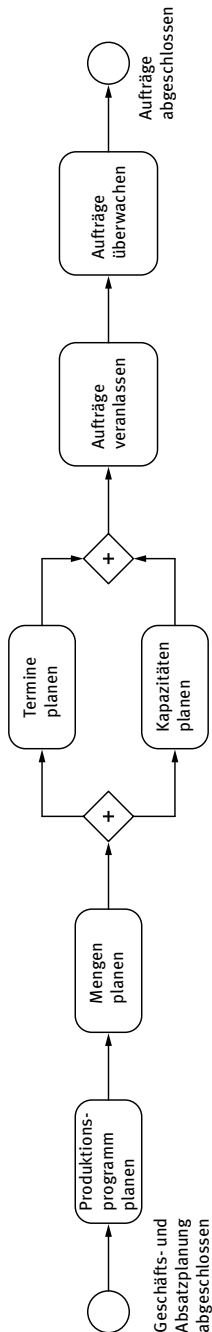


Abb. 5.12: Produktionsplanung und -steuerung nach MRP II

Istdaten über die Auftragsfortschritte, den Personaleinsatz, die Kapazitätsauslastung von Maschinen, den Bestand und Verbrauch von Materialien usw. rückgemeldet und mit den Solldaten der Produktionsplanung verglichen werden.

Das derzeit in PPS meist realisierte Konzept *MRP II* (Abkürzung von engl.: manufacturing resource planning II) leitet die Produktionsprogrammplanung von einer übergeordneten strategischen Planungsebene ab, die die Geschäftsplanung und die Absatzplanung umfasst. *Neuere Ansätze der Produktionsplanung* versuchen, die relative Starrheit der zentralistischen MRP-II-Planung durch dezentrale Nutzungsmöglichkeiten von einzelnen PPS-Funktionen zu überwinden und Planungsprozesse betriebsübergreifend zu optimieren. Im Rahmen des *Supply-Chain-Managements* (Abkürzung: SCM; siehe Kapitel 6) wird die Produktionsplanung mit Lieferanten und Kunden entlang der Lieferkette abgestimmt. Hierfür kommen als Ergänzung der transaktionsorientierten PPS-Systeme sogenannte *APS-Systeme* zum Einsatz, die mit verkürzten Planungshorizonten von mehreren Tagen operieren. APS-Systeme arbeiten bezüglich der Datenhaltung eng mit den PPS-Systemen zusammen; sowohl die Kundenaufträge als auch die Produktionsstammdaten werden von dort übernommen. Eine Kernfunktion ist dabei die Möglichkeit, *Alternativrechnungen* („Was wäre, wenn“-Simulationen) durchzuführen.

Ein **APS-System** (APS ist die Abkürzung von engl.: advanced planning and scheduling) optimiert die Produktionsplanung mit Methoden des Operations Research unter Einbeziehung von beschränkten Ressourcen (engl.: constraint based planning), wie etwa der aktuellen Maschinenbelegung oder der Verfügbarkeit von Personal und Material. Besonderer Nutzen ergibt sich bei der standortübergreifenden Bedarfsprognose und der Produktionsplanung im Rahmen des Supply-Chain-Managements.



Soll auch *innerhalb eines Tags oder einer Schicht* auf Planabweichungen reagiert werden können (zum Beispiel durch Verlagerung von Aufträgen auf alternative Maschinen oder die Einplanung zusätzlicher Arbeitsgänge), so ist eine unmittelbare Verbindung zwischen der Produktionsplanung und -steuerung und dem tatsächlichen Produktionsprozess erforderlich. Dies geschieht durch die Kopplung des APS-Systems mit der automatisierten *Betriebsdatenerfassung*, *Maschinendatenerfassung* und *Personaldatenerfassung*. Damit ist eine laufende Kontrolle der Produktion in Echtzeit möglich. Bei Soll-Ist-Abweichungen kann die Feinplanung entsprechend dem aktuellen Bearbeitungsstand und den verfügbaren Kapazitäten angepasst werden. Ein solches zusätzliches Planungssystem, das die verschiedenen Arten der Datenerfassung integriert, wird auch im Deutschen als *Manufacturing Execution System* (engl.: Abkürzung: MES) bezeichnet.



Ein **Manufacturing Execution System** (Abkürzung: MES; selten gebrauchtes deutsches Synonym: Produktionsleitsystem) ist ein Produktionsfeinplanungs- und -steuerungssystem, das die Istdaten der Produktion direkt einbezieht und dadurch realitätsnahe, detaillierte Planungsänderungen innerhalb von Stunden ermöglicht.

Heutzutage ist ein mittlerer oder großer Industriebetrieb ohne ein ERP-System mit PPS-Komponente kaum mehr vorstellbar. Ob darüber hinaus ergänzende APS- und MES-Systeme sinnvoll sind, hängt von der jeweiligen Bedingungs-lage (Programmmumfang, Produktionstypen, Stabilität der Produktionsprozesse, Verlässlichkeit der Lieferanten usw.) ab. Es gibt eine Reihe von weiteren speziellen produktionstypenorientierten Lösungen wie beispielsweise Kanban. *Kanban* (japanisch für Karte oder Schild) ist ein aus Japan stammendes Konzept für eine dezentral gesteuerte Fertigung, mit der niedrige Lagerbestände und kurze Durchlaufzeiten angestrebt werden. Die einzelnen Bearbeitungsstellen lösen durch Meldungen mittels Karten bei der vorgelagerten Stelle die Aufträge mit einer meist vordefinierten Menge selbst aus und erhalten dann die notwendigen Materialien geliefert.

In SAP ist die *Produktionsplanung und -steuerung* (Abkürzung: PP) ein Teil von „Operations“ und eng mit der Materialwirtschaft verknüpft. Alle Planungs- und Steuerungskomponenten greifen dabei auf eine gemeinsame *Stammdatenverwaltung* (Produktdatenmanagement, engl.: product data management, Abkürzung: PDM) zurück. SAP setzt bei der Stammdatenverwaltung für die Produktion nicht nur auf die SAP-eigenen Funktionen, sondern unterstützt auch die Anbindung der Produktdatenmanagementsysteme (PDM-Systeme) anderer Softwarelieferanten. *PDM-Systeme* bieten Funktionen zur Verwaltung von Materialstammdaten (Produktionssicht), Stücklisten, Dokumenten, Klassen, Merkmalen, Beziehungswissen, Produktkonfiguration, für einen Änderungsdienst und die CAD-Integration an.



Eine **Stückliste** (engl.: bill of materials; Abkürzung: BOM) ist ein Verzeichnis der Mengen aller Rohstoffe, Teile und Baugruppen, die für die Fertigung einer Einheit eines Erzeugnisses oder einer Gruppe erforderlich sind. Es gibt drei Arten von Stücklisten: Mengenstückliste, Strukturstückliste und Baukastenstückliste.

Eine *Mengenstückliste* oder *Mengenübersichtsstückliste* (engl.: summarized bill of materials) enthält alle Einzelteile, die in ein Erzeugnis eingehen, nur einmal mit der entsprechenden Mengenangabe (siehe Abb. 5.13). Vorteil ist der einfache Aufbau, Nachteil die Unübersichtlichkeit. Eine *Strukturstückliste* (engl.: multi-level bill of materials) beschreibt alle Baugruppen und Einzelteile eines Erzeugnisses entsprechend der Fertigungsstruktur (nach Fertigungsebenen),

wobei jede Baugruppe jeweils bis zur untersten Strukturebene aufgelöst ist. Vorteil ist, dass alle Baugruppen und Einzelteile entsprechend dem Fertigungsablauf fortlaufend angeführt werden; Nachteil ist die Unübersichtlichkeit bei komplexen Erzeugnissen. In einer *Baukastenstückliste* (engl.: single level bill of materials) wird ein Erzeugnis, eine Baugruppe oder ein Teil nur in die nächst tiefere Strukturebene aufgelöst (einstufige Stückliste). Vorteil ist, dass in einem Erzeugnis mehrfach verwendete Teile nur einmal angeführt werden müssen; Nachteil ist, dass bei mehrstufigen Erzeugnissen die Struktur schwerer erkennbar ist, und dass zur gesamten Materialbedarfsermittlung Berechnungen angestellt werden müssen. In Produktionsplanungs- und -steuerungssystemen werden meist wegen des geringen Pflegeaufwands Baukastenstücklisten verwendet, aus denen sich alle anderen benötigten Stücklistenarten erzeugen lassen.

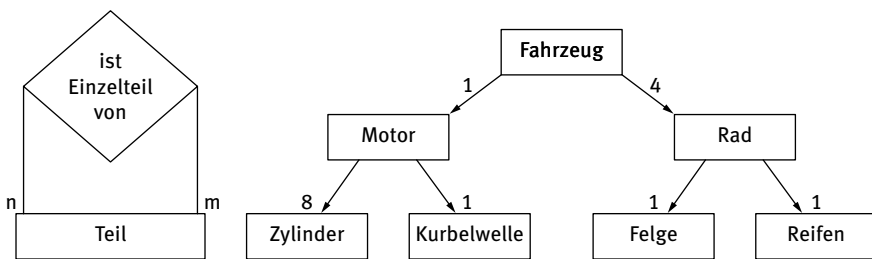


Abb. 5.13: ER-Diagramm einer Stückliste und Beispiel einer Stückliste für ein Fahrzeug als Produktbaum

Anlagen, die Industrie 4.0 unterstützen, können mithilfe der Lösung *SAP Manufacturing Execution* gesteuert und kontrolliert werden. Einzelne Maschineneinheiten stellen dabei ihre Dienste informationstechnisch bereit. Ein Beispiel ist die Bewegung eines Roboters in eine bestimmte Richtung. Solche Dienste können über die *SAP Manufacturing Execution* Lösung angesteuert werden. Zudem bietet SAP die *Leonardo-Plattform* zur Unterstützung verschiedener Anwendungen des Internets der Dinge. Dazu gehört unter anderem die Lösung *Asset Intelligence Network*. Dies ist eine Plattform, auf der Information über den gesamten Lebenszyklus einer Produktionsanlage gespeichert wird.

5.6 Vertrieb

5.6.1 Aufgaben des Vertriebs

Der *Vertrieb* wird hier als *Teil des Marketings* betrachtet.

! **Marketing** (Synonym: Absatzwirtschaft) beinhaltet die Maßnahmen, die darauf gerichtet sind, die Verwertung der betrieblichen Leistungen (Absatz von Produkten und Dienstleistungen) zu sichern und damit (zumeist) für hinreichende Erlöse zu sorgen. Die Marketingmaßnahmen werden üblicherweise in die *Produkt- und Programmpolitik*, die *Preispolitik*, die *Distributionspolitik* und die *Kommunikationspolitik* eingeteilt.

Wir verwenden den Begriff „Marketing“ – ebenso wie SAP – im absatzwirtschaftlichen Sinn (siehe Abb. 5.14). Im Vergleich zur Administration (Finanz- und Rechnungswesen, Personalwirtschaft) und Leistungserstellung (Materialwirtschaft, Produktion) sind die Prozesse im Marketing weniger gut strukturiert und in der Praxis vielfältiger ausgeprägt. Betriebe versuchen hier oft, durch eigenständige Lösungen Wettbewerbsvorteile zu erreichen.

Der Begriff *Vertrieb* wird manchmal mit dem Begriff *Marketing* im absatzwirtschaftlichen Sinn gleichgesetzt. Im Zusammenhang mit ERP-Systemen wird überwiegend von einer auf die *Distribution* eingeschränkten Begriffsauffassung ausgegangen:

! Unter **Vertrieb** (engl.: sales and distribution) wird hier die *Abwicklung des Verkaufs und der damit verbundenen operativen Prozesse* (Erfassung und Bearbeitung von Bestellungen (Kundenaufträgen), Lieferungen, Retouren, Fakturierung) über die verschiedenen Absatzwege eines Betriebs verstanden.

Wir folgen hier dieser eingeschränkten, auch von SAP verwendeten Begriffsauffassung des Vertriebs und kennzeichnen in der unmittelbaren Folge die wichtigsten Funktionen von ERP-Systemen zur Unterstützung des Vertriebs. Betriebsübergreifende, auf dem Internet basierende Marketinginformationssysteme, die die Programm- und Produktpolitik, die Preispolitik und die Kommunikationspolitik einbeziehen, werden in Kapitel 6 behandelt.

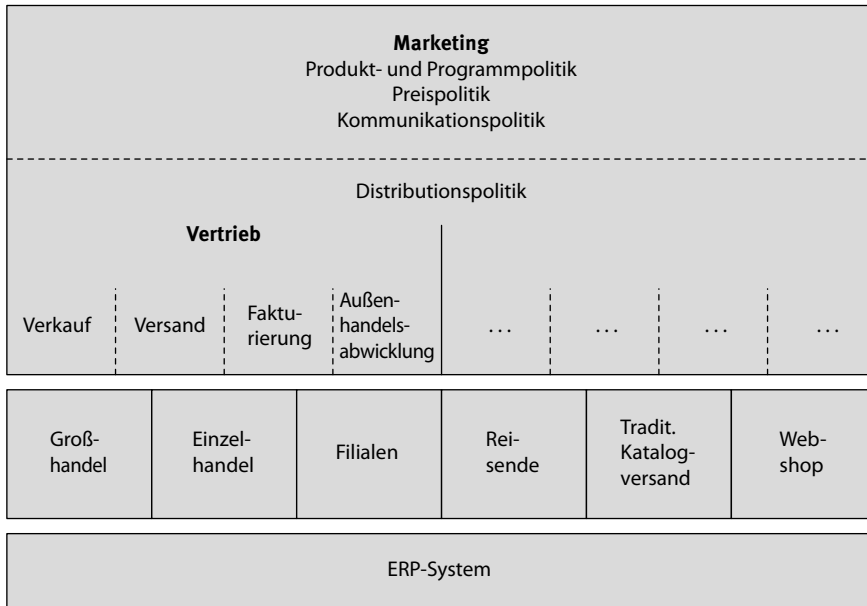


Abb. 5.14: Unterstützung des Vertriebs durch ein ERP-System

5.6.2 Unterstützung des Vertriebs in SAP

In SAP gibt es im Bereich „Operations“ zwei Module zur Unterstützung des Marketings: *Vertrieb* (Abkürzung: SD von engl.: sales and distribution) und *Kundendienst* (Abkürzung: CS von engl.: customer service). Wir gehen hier nur auf die Vertriebskomponente ein. Mit dem Paket *SAP Customer Relationship Management* (Abkürzung: CRM) bietet SAP, wie viele andere Softwarehersteller, spezielle Software für ein umfassendes, kundenorientiertes Marketinginformationssystem an; auf CRM-Systeme gehen wir in Kapitel 6 ein. Die Integration erfolgt über die Verbuchung auf Erlöskonten und Gegenbuchungen auf Debitorenkonten in der Finanzwirtschaft.

Das *SAP-Vertriebssystem* beinhaltet eine Stammdatenverwaltung, Funktionen zur Unterstützung des Verkaufs und der Lieferung (SAP-Begriff: Versand), der Fakturierung und der Außenhandelsabwicklung, sowie ein Nachrichtenkonzept, das die Erstellung, Verwaltung und die Übermittlung von Formularen und Geschäftsdokumenten unterstützt. In Abb. 5.15 sind die Aktionsfelder des Vertriebs im Detail wiedergegeben, die von SAP unterstützt werden.

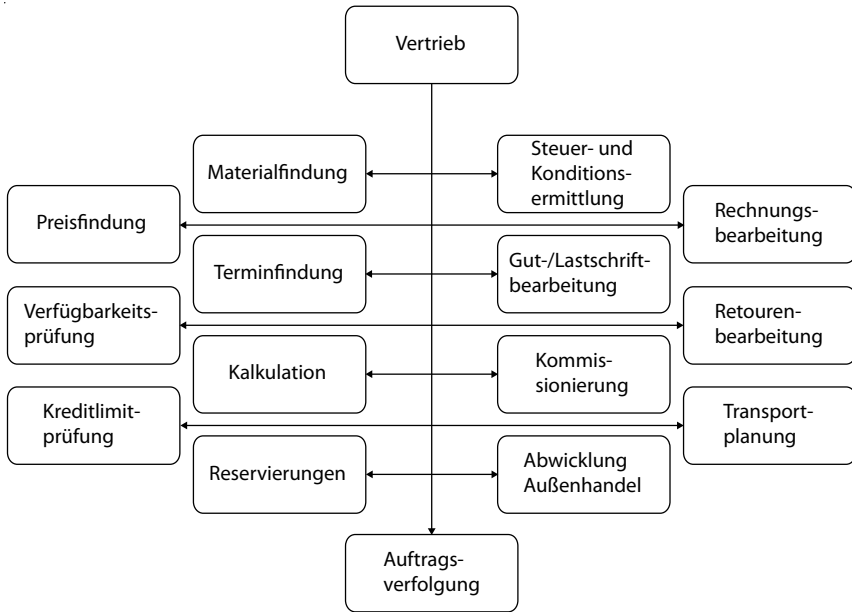


Abb. 5.15: Funktionen des Vertriebs

Die Beschreibung der jeweiligen *Organisationsstruktur im Vertrieb* erfolgt über einen *Vertriebsbereichsschlüssel*, in dem die Ebenen Verkaufsorganisation, Vertriebsweg und Sparte unterschieden werden. Jede Verkaufsorganisation ist genau einem Buchungskreis zugeordnet. In *zwei weiteren Schlüssel*n kann die standortorientierte Organisation (Verkaufsbüros) und die Stellung der Mitarbeiter (Verkäufergruppe, Zuordnung zu Kunden) gekennzeichnet werden. Diese Organisationsschlüssel kennzeichnen als Pflichtdatenfelder auf allen Belegen die jeweilige Verantwortung.

B

In unserem *LEH-Konzern* im Lebensmitteleinzelhandel (siehe Abb. 5.16) sind die drei Vertriebsgesellschaften nach geografischen Gesichtspunkten in Verkaufsorganisationen gegliedert. Zum Beispiel gibt es bei der LEH-Filialen Österreich AG zwei für den Vertrieb verantwortliche Verkaufsorganisationen: LEH-Verkaufsbezirk Westösterreich und LEH-Verkaufsbezirk Ostösterreich. Auf der darunter liegenden Ebene sind als Vertriebswege das Distributionszentrum Schwechat, die Filialen Ostösterreich und der Webshop Wien mit Hauszustellung eingerichtet. Beim Customizing wird durch ein Kennzeichen festgelegt, ob die Vertriebslinien (= Kombination aus Verkaufsorganisation und Vertriebsweg) für die Belieferung von Endkunden (hier: Filialen und Webshop) oder für die Belieferung von Filialen (hier: Distributionszentrum Schwechat) verwendet werden. Dies ist nötig, um die Abgabepreise nach Vertriebslinien differenzieren zu können. Die einzelnen Filialen wurden als Verkaufsbüros definiert, um deren Umsätze und Erträge getrennt erfassen zu können. Die Mitarbeiter sind jeweils einer Filiale (Verkaufsbüro) zugeteilt, auf die im SAP-

System mögliche weitere Untergliederung in Abteilungen wurde verzichtet. Auch eine Spartengliederung wurde im vorliegenden Fall nicht vorgesehen.

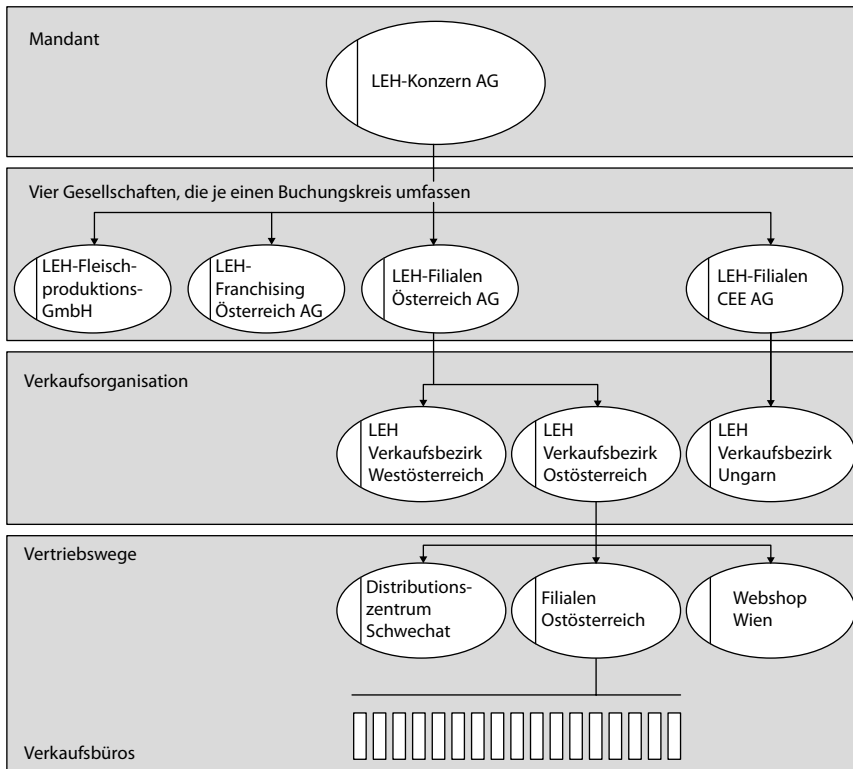


Abb. 5.16: Verkaufsorganisation eines Konzerns im Lebensmitteleinzelhandel (Auszug)

Weitere, im SAP-System fest vorgesehene Organisationseinheiten sind die *Ver sandstelle* (etwa Speditionsabfertigung, Poststelle), die *Ladestelle* (etwa Ram pen für LKWs), das *Werk* und der *Lagerort*. Bei den einzelnen Vertriebsvor gängen werden über diese Ordnungsbegriffe jeweils die zuständigen Stellen definiert.

Die wichtigsten *Basisdaten im Vertrieb* sind der Kundenstamm und der Ma terialstamm. Im *Kundenstamm* werden für die Geschäftspartner (Geschäftskun den, Privatkunden, Spediteure, Vertreter und andere Absatzhelfer) folgende Daten erfasst:

1. *Allgemeine Daten*, wie beispielsweise Anschriften, Ansprechpartner, Bank verbindungen,
2. *Buchhaltungsdaten*, wie beispielsweise Kundennummer und Buchungs kreis, Kontoführung, Mahnsteuerung,

3. *vertriebsbereichsbezogene Daten*, wie beispielsweise organisatorische und personelle Zuordnung im Verkauf (Organisationsschlüssel, siehe oben), Kundengruppe, Preisfindung, Versanddaten, Fakturadaten (Liefer- und Zahlungsbedingungen, Steuerindikator), Nachrichtendaten (Auftragsbestätigung, Lieferschein, Rechnung, Übertragungsart) und Partnerdaten (Auftraggeber, Warenempfänger, Rechnungsempfänger, Regulierer).

Die vertriebenen *Produkte und Dienstleistungen* werden in der *Vertriebssicht des Materialstamms* definiert. Zu den Materialstammdaten, die vom Vertrieb gepflegt werden, gehören unteren anderem die Artikelbezeichnung, Artikelnummern, Gruppierungsschlüssel (Warengruppe, Produktattribute), Preise, Rabatte und Boni. Weitere vertriebsrelevante Materialstammdaten, etwa zur Verfügbarkeitsprüfung, Transport (Versandstellen-, Routen- und Kommissionierlagerfindung) und zum Außenhandel, werden in der werkabhängigen Datenbasis ergänzt.

Die wichtigsten Punkte

1. Moderne ERP-Systeme unterstützen vielfältige betriebliche Geschäftsvorfälle und bieten auf Basis von serviceorientierten Architekturen die Möglichkeit der Integration mit anderen betrieblichen Informationssystemen.
2. Kommerzielle ERP-Lösungen bieten Nutzenpotenziale mit Blick auf eine hohe Prozessstandardisierung, kostengünstigen Funktionsumfang, Herstellerwartung und technische Innovationen.
3. Diesen Nutzenpotenzialen stehen verschiedene Risiken gegenüber, insbesondere bei mangelndem Wissen über Detailfunktionen, einem möglichen Unterschätzen des Umstellungsaufwands oder Schulungsbedarfs und bei der Übernahme von Daten aus Altsystemen.
4. ERP-Systeme unterstützen die wesentlichen Funktionsbereiche des Finanz- und Rechnungswesens, der Personalwirtschaft, der Materialwirtschaft, der Produktion und des Vertriebs.
5. Bei der Einführung von ERP-Systemen müssen die betrieblichen Strukturen wie Mandanten, Buchungskreise, Kostenrechnungskreise, Personalbereiche oder Einkaufsorganisationen definiert werden.



Übungs- und Lehrmaterialien zu diesem Kapitel finden Sie im Web über den abgebildeten QR-Code. Richten Sie Ihre Smartphone- oder Tablet-Kamera auf das nebenstehende Bild, um zu den Inhalten zu gelangen.

Literatur

- J. Burgdorf, M. Destradi, M. Kiss, M. Schubert: Logistik mit SAP S/4HANA: Die neuen Funktionen für Einkauf, Vertrieb, Retail, Produktion und Lager, SAP Press, Waldorf 2017.
- T. Gattiker, D.L. Goodhue: What happens after ERP Implementation: Understanding the Impact of Interdependence and Differentiation on Plant-Level Outcomes, *MIS Quarterly*, 30.2 (2006) S. 315–337.
- N. Gronau: Enterprise Resource Planning: Architektur, Funktionen und Management von ERP-Systemen, 3. Auflage, Oldenbourg, München 2014.
- H. Klaus, M. Rosemann, G.G. Gable: What is ERP? *Information Systems Frontiers*, 2.2 (2000), S. 141–162.
- P. Mertens: Integrierte Informationsverarbeitung 1. Operative Systeme in der Industrie, 18. Aufl., Gabler, Wiesbaden 2013.
- SAP AG: SAP Help Portal, <http://help.sap.com>, 2018.
- A.-W. Scheer: Wirtschaftsinformatik: Referenzmodelle für industrielle Geschäftsprozesse, 7. Auflage, Springer, Berlin 1997.
- B.R. Schlichter, P. Kraemmergaard: A Comprehensive Literature Review of the ERP Research Field over a Decade. *Journal of Enterprise Information Management*, 23.4 (2010), S. 486–520.
- G. Shanks, P.B. Seddon, L. Willcocks (Hrsg.): Second-Wave Enterprise Resource Planning Systems: Implementing for Effectiveness, Cambridge University Press, Cambridge 2003.
- W.H. Tsai, P.L. Lee, Y.S. Shen, H.L. Lin: A Comprehensive Study of the Relationship between Enterprise Resource Planning Selection Criteria and Enterprise Resource Planning System Success, *Information & Management*, 49.1 (2012), S. 36–46.

6 Außenwirksame Informationssysteme und Electronic Commerce

- 6.1 Netzwerkökonomie — 212
 - 6.1.1 Marktwirtschaftliche Grundbegriffe — 212
 - 6.1.2 Klassifikation außenwirksamer Informationssysteme — 216
 - 6.1.3 Veränderung der Wertschöpfungsketten — 221
 - 6.1.4 Digitale Güter — 222
 - 6.1.5 Netzwerkeffekte — 224
 - 6.2 Portale und Dienste — 227
 - 6.2.1 Portale — 227
 - 6.2.2 Suchdienste — 228
 - 6.2.3 Vertrauensunterstützende Dienste — 232
 - 6.2.4 Bezahldienste — 235
 - 6.3 Elektronische Märkte — 238
 - 6.3.1 Klassifikation elektronischer Märkte — 238
 - 6.3.2 Auktionssysteme — 242
 - 6.3.3 Ausschreibungssysteme — 246
 - 6.3.4 Börsensysteme — 247
 - 6.4 Kundenbeziehungsmanagementsysteme (CRM-Systeme) — 248
 - 6.4.1 Bausteine einer rechnergestützten CRM-Lösung — 250
 - 6.4.2 Gewinnung von Kundendaten — 251
 - 6.4.3 Nutzung von Kundendaten — 253
 - 6.5 Konsumenteninformationssysteme (E-Commerce im B2C-Bereich) — 254
 - 6.5.1 Produkt- und Programmpolitik und ihre IT-Unterstützung — 256
 - 6.5.2 Preispolitik und ihre IT-Unterstützung — 260
 - 6.5.3 Distributionspolitik und ihre IT-Unterstützung — 262
 - 6.5.4 Kommunikationspolitik und ihre IT-Unterstützung — 264
 - 6.6 Zwischenbetriebliche Informationssysteme (E-Commerce im B2B-Bereich) — 268
 - 6.6.1 Koordination der Wertschöpfungskette — 269
 - 6.6.2 Kooperationsmodelle für das Supply-Chain-Management — 271
 - 6.6.3 Elektronischer Datenaustausch — 274
 - 6.6.4 Komponenten von SCM-Standardsoftware — 276
- Die wichtigsten Punkte — 277
Literatur — 278

Kapitelübersicht

Dieses Kapitel behandelt die Grundlagen außenwirksamer Informationssysteme. Beginnend mit der Netzwerkökonomie werden die möglichen Veränderungen der Wertschöpfungsketten, die Eigenschaften digitaler Güter und Netzwerkeffekte im E-Commerce diskutiert. Neben Portalen, Hilfs- und Zusatzdiensten

werden elektronische Märkte und deren Eigenschaften vorgestellt. Zuletzt werden Kundenbeziehungsmanagementsysteme, Konsumenteninformationssysteme und zwischenbetriebliche Informationssysteme besprochen.

Lernziele

In diesem Kapitel werden die grundlegenden Konzepte von außenwirksamen Informationssystemen behandelt. Nach dem Durcharbeiten dieses Kapitels sollten Sie

- außenwirksame Informationssysteme klassifizieren können,
- Netzwerkeffekte und deren Bedeutung für die Veränderung von Wertschöpfungsketten erläutern können,
- die Funktionalität von Suchdiensten im Internet beschreiben können,
- verschiedene Auktionsmechanismen von elektronischen Märkten vergleichen können,
- die Bedeutung von Kundenprofilen für das Kundenbeziehungsmanagement diskutieren können,
- die Funktionen von Konsumenteninformationssystemen beschreiben können,
- die Konzepte des Supply-Chain-Managements erklären können,
- die Bedeutung des elektronischen Datenaustauschs erläutern können.

6.1 Netzwerkökonomie

6.1.1 Marktwirtschaftliche Grundbegriffe

In unserer marktwirtschaftlichen Wirtschaftsordnung sind Betriebe für die Beschaffung, die Produktion und den Absatz ihrer Güter selbst verantwortlich. Angebot und Nachfrage werden über Märkte gesteuert.



Ein **Markt** (engl.: market) erfüllt eine *Vermittlerfunktion* zwischen Anbietern und Nachfragern. Er ist ein (realer oder virtueller) Ort des Tauschs, an dem Anbieter und Nachfrager zusammentreffen. Die Preise werden durch Angebot und Nachfrage bestimmt. **Marktpartner** (engl.: market partner) eines Betriebs sind *Anbieter* beziehungsweise *Lieferanten*, von denen Güter (Produktionsfaktoren) beschafft werden, *Nachfrager* beziehungsweise *Kunden*, an die Erzeugnisse geliefert werden, und *Dienstleister*, die diese Geschäftsprozesse unterstützen (Hilfs- und Zusatzdienste).

Ein Betrieb ist in *verschiedene Märkte* eingebettet. *Nach dem Gegenstand* sind die wichtigsten die Realgütermärkte (Immobilien, Investitionsgüter, Konsumgüter, Dienstleistungen, Rechte), die Nominalgütermärkte (Geld, Forderungen, Eigentumsanteile) und der Arbeitsmarkt. Vielfach werden diese Märkte weiter nach der Art der Güter in Wirtschaftszweige gegliedert. Ein *Wirtschaftszweig* (Synonym: Branche, engl.: industry) umfasst eine Gruppe von Betrieben, die ähnliche Produkte oder Dienstleistungen herstellen und vertreiben. *Nach der Funktion* lassen sich Beschaffungs- und Absatzmärkte unterscheiden. Wir beschränken uns in diesem Kapitel auf die Realgütermärkte und beschreiben, wie die Güterflüsse und zugehörige Geld- und Informationsflüsse in den *Wertschöpfungsketten* vom Hersteller zum Verbraucher durch außenwirksame Informationssysteme unterstützt werden können.

Der Begriff **Wertschöpfungskette** (engl.: value chain) wurde von Porter (1985) geprägt und popularisiert. Die Wertschöpfungskette beinhaltet die Abfolge der Aktivitäten *eines* Betriebs, um marktfähige Güter zu erstellen und abzusetzen, deren Verkaufswert höher ist als die Summe der Estandskosten aller Produktionsfaktoren (= Wertschöpfung). Primäre betriebliche Funktionen, die originär den Wert der Produktionsfaktoren erhöhen, sind Forschung und Entwicklung, Beschaffung, Produktion und Marketing. Sekundäre Wertschöpfungsaktivitäten, wie zum Beispiel die Buchhaltung, unterstützen die primären Funktionen, erzeugen aber selbst keinen Wert.

In der Folge wurde das Konzept *über den einzelnen Betrieb hinaus* auf alle an der Herstellung und Vermarktung eines Erzeugnisses Beteiligten, vom Abbau der Rohstoffe bis zum Verkauf eines Produkts an den Verbraucher, ausgeweitet. Für diese *übergreifende Wertschöpfungskette*, bei der die „Glieder“ der Kette (Hersteller, Großhändler, Einzelhändler usw.) durch geschäftliche Transaktionen verbunden sind, werden auch die synonymen Bezeichnungen **Verorgungskette** und **Lieferkette** (engl.: supply chain) verwendet.

Die Abb. 6.1 zeigt Ihnen exemplarisch die Vielfalt der Marktpartner, mit denen ein Unternehmen seine Geschäftsbeziehungen zu koordinieren hat. Das Unternehmen wird durch seine Informationssysteme symbolisiert. Die außenwirksamen Informationssysteme unterstützen in der Wertschöpfungskette auf den vorgelagerten Stufen die Beziehungen zu Lieferanten und eventuell zu deren Vorlieferanten, auf den nachgelagerten Stufen die Beziehungen zu den Kunden, die die Produkte und Dienstleistungen des Unternehmens erwerben beziehungsweise in Anspruch nehmen. Ebenso können außenwirksame Informationssysteme die Beziehungen zu Behörden und einer Vielzahl weiterer Partner unterstützen, die durch Dienstleistungen zur Wertschöpfung beitragen (Dienstleister wie Arbeitsvermittler, Banken, Versicherungen, Medien, Berater usw.).

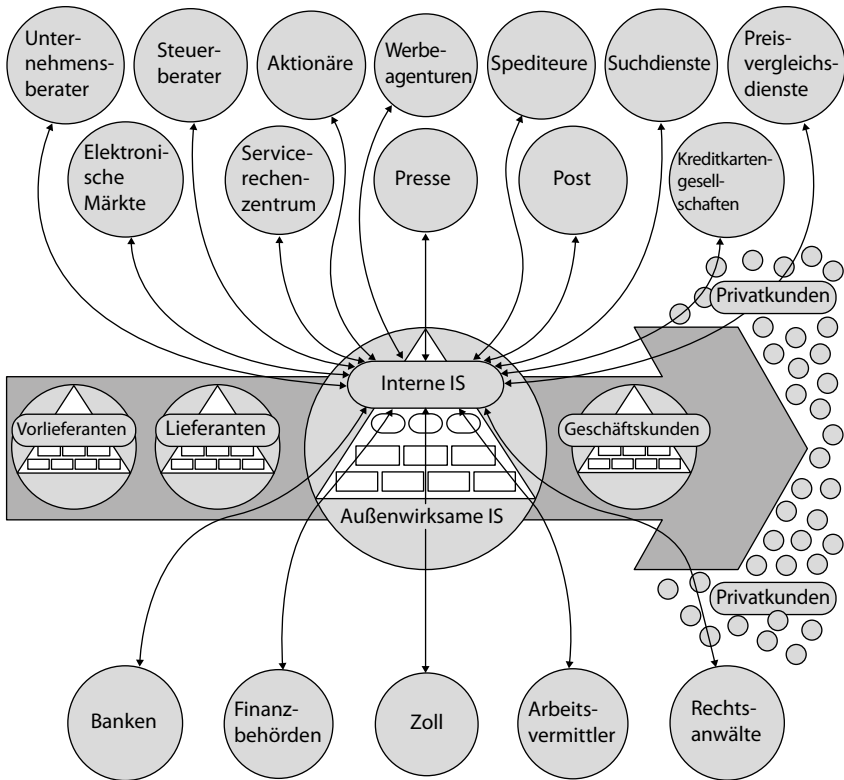


Abb. 6.1: Geschäftsbeziehungen eines Betriebs mit seinem Marktpartnern (Beispiel)



Geschäftskunden (engl.: business client, business customer) sind gewerbliche Abnehmer (Betriebe), die Produkte und Dienstleistungen zu geschäftlichen Zwecken nutzen, sei es für den Eigenbedarf oder zum Weiterverkauf. **Privatkunden** (engl.: private customer) erwerben hingegen die Produkte und Dienstleistungen für den privaten Bedarf. Natürliche Personen, die Waren und Dienstleistungen zur eigenen Bedürfnisbefriedigung käuflich erwerben, werden als **Verbraucher** oder **Konsumenten** (engl.: consumer) bezeichnet. **Privathaushalte** (engl.: private household) sind wirtschaftliche Einheiten, die aus einer oder mehreren Personen gebildet werden, die gemeinsam wohnen.

Geschäftsakte auf Märkten werden Markttransaktionen genannt. Bitte beachten Sie, dass der Begriff „*Transaktion*“ im IT-Sprachgebrauch (siehe Kapitel 5 und 10) und im wirtschaftswissenschaftlichen Sprachgebrauch verschieden interpretiert wird. Im Zusammenhang mit Beschaffungs- und Absatzvorgängen ist üblicherweise die folgende wirtschaftswissenschaftliche Begriffsauslegung gemeint.

Unter einer **Markttransaktion** (engl.: market transaction) oder **Transaktion** (engl.: transaction) im marktwirtschaftlichen Zusammenhang versteht man die bilaterale Abwicklung eines Geschäftsakts (ökonomischer Tausch), wobei Verfügungsrechte an Gütern von einem Verkäufer zu einem Käufer übertragen werden. Der Käufer erbringt eine Gegenleistung meist in Form eines Geldbetrags, allerdings sind auch andere Gegenleistungen möglich (beispielsweise Kompensationsgeschäfte, Synonym: Barter-Geschäfte).



In der Literatur werden *Markttransaktionen* meist in mehrere Phasen unterteilt. Wir unterscheiden in Anlehnung an Schmid (2000) die *Informationsphase* (engl.: information phase), die *Vereinbarungsphase* (engl.: agreement phase) und die *Abwicklungsphase* (engl.: settlement phase). Manchmal wird als vierte Phase eine *Verkaufsfolgephase* (engl.: after sales phase) unterschieden, die der Kundenbetreuung nach dem erfolgreichen Geschäftsabschluss dient. Aus unserer Sicht sind der Kundendienst, Gewährleistungsarbeiten sowie die sonstige Betreuung des Kunden jedoch Aufgaben, die nicht erst nach dem Verkauf, sondern bereits während der Informations-, Vereinbarungs- und Abwicklungsphase anfallen. Die Abwicklungsphase schließt auch die dem Verkauf folgenden Aktivitäten ein. Eine Kundenbeziehung kann in diesem Sinne als eine Folge von sich zyklisch wiederholenden Markttransaktionen verstanden werden.

In jeder Markttransaktionsphase fallen für die Marktteilnehmer spezifische *Kosten* an.

Transaktionskosten (engl.: transaction costs) sind Kosten, die durch Markttransaktionen verursacht werden. Sie entstehen also nicht durch die Gütererstellung, sondern durch die Übertragung von Gütern von einem Marktteilnehmer zum anderen.



In der *Informationsphase* entstehen durch die Suche und Beurteilung potenzieller Marktpartner, Güter und Preise Suchkosten in Form von investierter Zeit (Opportunitätskosten) sowie Kosten für kommerzielle Recherchen, Auskunftsdienste, Korrespondenz usw. Nach Auswahl eines Marktpartners wird in der *Vereinbarungsphase* die Transaktion verhandelt und vertraglich abgesichert. Dies verursacht wiederum Kosten in Form von investierter Zeit für die Vertragsformulierung, den Verhandlungsprozess sowie Kosten für Rechtsanwälte, Versicherungen usw. In der *Abwicklungsphase* entstehen Kosten für die Kontrolle der vereinbarten Termine, Preise und Qualitäten (Kontrollkosten), die eventuell nötige Durchsetzung von Termin-, Preis-, Qualitätsänderungen aufgrund veränderter Bedingungen (Anpassungskosten) sowie Kosten für Lieferungen und Retouren (Transportkosten). Die *Höhe der Transaktionskosten* kann die Wahl der Beschaffungs- und Vertriebswege sowie die Wahl der Marktpartner erheblich beeinflussen.

Heutzutage werden viele Markttransaktionen mithilfe des Internets durchgeführt. Man spricht dabei von Electronic Commerce.

! **Electronic Commerce** (abgekürzt: E-Commerce; engl.: electronic commerce; auch: elektronischer Handel, Electronic Business) bezeichnet die Abwicklung von Markttransaktionen über Rechnernetze, insbesondere über das Internet. Nach der Art der Geschäftspartner unterscheidet man Geschäftsbeziehungen zwischen Unternehmen (engl.: business to business, abgekürzt: B2B) und Geschäftsbeziehungen zwischen Unternehmen und Konsumenten (engl.: business to consumer; abgekürzt: B2C). Neben dem Ein- und Verkauf von Produkten beinhaltet Electronic Commerce auch die Vermarktung von Dienstleistungen.

6.1.2 Klassifikation außenwirksamer Informationssysteme

! Ein **außenwirksames Informationssystem** (engl.: outward information system, market oriented information system) ist ein marktorientiertes betriebliches Informationssystem, das sich zum Teil oder ausschließlich an externe Benutzer richtet.

Die Abb. 6.2 zeigt Ihnen eine Klassifikation außenwirksamer Informationssysteme. Die Alternativen der Kategorien *Produkt- und Branchenorientierung*, *Koordination wirtschaftlicher Austauschprozesse* sowie *Betreiber des IS* schließen einander aus. Das heißt zum Beispiel hinsichtlich der Produkt- und Branchenorientierung, dass ein außenwirksames Informationssystem entweder produktorientiert oder branchenspezifisch oder branchenübergreifend sein kann. Bei den anderen Kategorien können auch mehrere Ausprägungen für ein außenwirksames Informationssystem zutreffen. Zum Beispiel kann es Beschaffung und Marketing, mehrere Prozessebenen, Markttransaktionsphasen und Zielgruppen unterstützen.

Unterstützte Funktionsbereiche: Außenwirksame Informationssysteme unterstützen die Koordination von Betrieb und Markt und damit in erster Linie die betrieblichen *Funktionsbereiche Marketing (Absatz) und Beschaffung (Einkauf)*. Ein *Beschaffungsinformationssystem* (Synonym: Einkaufsinformationssystem, engl.: procurement information system) unterstützt den elektronischen Einkauf über das Internet und das *Lieferantenbeziehungsmanagement*. Ein *Marketinginformationssystem* (Synonym: Absatzinformationssystem, engl.: marketing information system) ist ein außenwirksames Informationssystem, das die Verwertung der betrieblichen Leistungen (Absatz von Produkten und Dienstleistungen) unterstützt. Die Unterstützung bezieht sich auf die Produkt- und Programmpolitik, die Preispolitik, die Distributionspolitik und die Kommunikationspolitik.

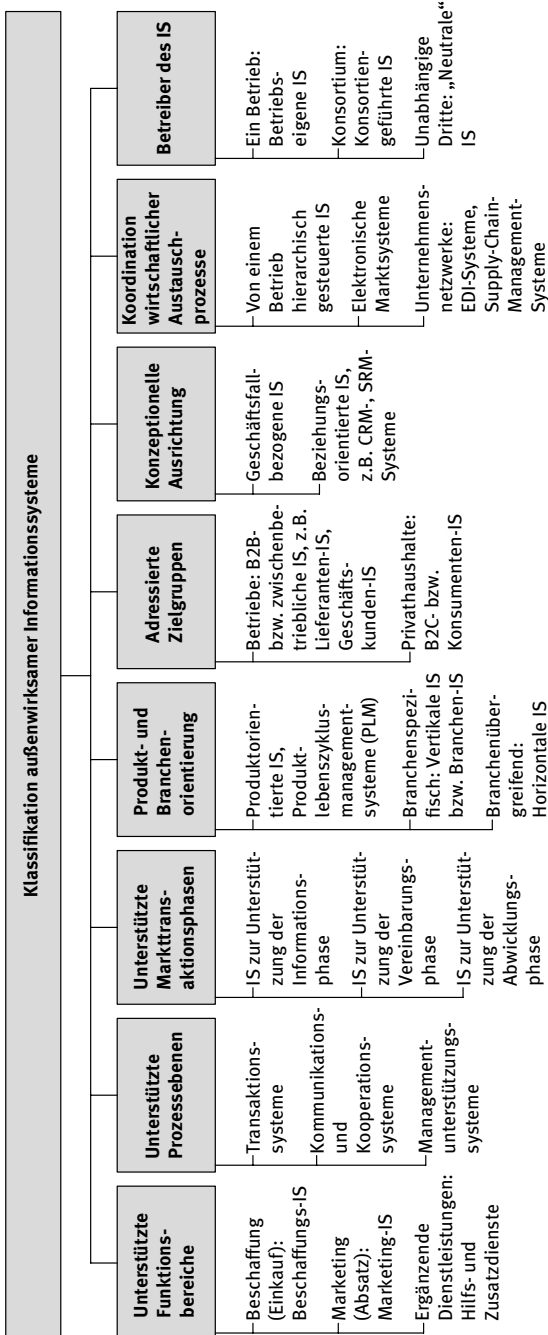


Abb. 6.2: Klassifikation außenwirksamer Informationssysteme

Unterstützte Prozessebenen: Ebenso wie interne Informationssysteme lassen sich auch außenwirksame Informationssysteme nach dem Ausmaß der Geschäftsprozessunterstützung auf der operativen, taktischen und strategischen Ebene gliedern. Wie Sie in der Folge sehen werden, dominieren die *Transaktionssysteme* (zum Beispiel durch Austausch von elektronischen Geschäftsdokumenten) sowie *Kommunikations- und Kooperationssysteme*. Außenwirksame *Managementunterstützungssysteme* sind hingegen bisher wenig entwickelt. Einige Ansätze sind in Supply-Chain-Management-Systemen realisiert, die die Zusammenarbeit der Marktpartner entlang der Wertschöpfungskette durch Prognose-, Simulations- und Optimierungsmodelle verbessern.

Unterstützte Markttransaktionsphasen: Eine Vielzahl der kommerziellen Websites bietet keine direkte Bestellfunktion und unterstützt so nur die *Informationsphase*, beispielsweise durch die Beschreibung des Unternehmens, seiner Produkte und Dienstleistungen. Allerdings kennen Sie auch eine große Zahl von Webshops, wo Sie Waren bestellen können und wo auch die Abwicklung der Lieferungen und Zahlungen elektronisch unterstützt wird. Im zwischenbetrieblichen Bereich ist das Angebot vielfach auf einen elektronischen Katalog beschränkt – vor allem bei Klein- und Mittelbetrieben. Von großen Anbietern wird hingegen meist auch die *Vereinbarungs- und Abwicklungsphase* von Markttransaktionen unterstützt.

Produkt- und Branchenorientierung: Betriebe mit wenigen Produktlinien, wie zum Beispiel Automobilhersteller, verfolgen meist eine produktorientierte Marketingpolitik und richten ihre außenwirksamen Informationssysteme oft primär nach diesem Konzept aus. Man spricht dann von *produktorientierten Informationssystemen* (engl.: product-oriented information system), insbesondere zur Unterstützung des Produktlebenszyklus. *Branchenspezifische Informationssysteme* (engl.: industry-sector-specific information system) sind in ihrem Informationsangebot und in ihren Funktionen an die Bedingungs- und Geschäftsprozesse eines speziellen Wirtschaftszweigs angepasst. Sie werden auch als *vertikale Marktinformationssysteme* bezeichnet. Als *Brancheninformationssystem* (engl.: industry information system) bezeichnen wir ein gemeinsames, zwischenbetriebliches Informationssystem vieler Betriebe eines Wirtschaftszweigs zur Unterstützung ihrer laufenden Geschäftsbeziehungen. Es enthält vor allem jene Funktionen und Daten aller Teilnehmer, die für deren Beschaffung und Absatz wesentlich sind. *Branchenübergreifende beziehungsweise branchenneutrale Informationssysteme* (engl.: cross-sector information system) sind in ihrem Informationsangebot und in ihren Funktionen nicht auf bestimmte Wirtschaftszweige ausgerichtet. Sie werden auch als horizontale Marktinformationssysteme bezeichnet.

Adressierte Zielgruppen: Je nachdem, ob sich außenwirksame Informationssysteme an Firmen (Lieferanten, Dienstleister, Geschäftskunden) oder Konsumenten (Privatkunden) richten, unterscheiden wir *zwischenbetriebliche Informationssysteme* (engl.: business-to-business information system, Abkürzung: B2B) und *Konsumenteninformationssysteme* (engl.: business-to-consumer information system; Abkürzung: B2C). *Weitere Zielgruppen* außenwirksamer Informationssysteme, die wir hier jedoch nicht näher behandeln, sind beispielsweise *staatliche Behörden* (engl.: business-to-government, Abkürzung: B2G).

Konzeptionelle Ausrichtung: Je nachdem, an welcher „Marketingphilosophie“ sich die Konzeption von außenwirksamen Informationssystemen orientiert, unterscheiden wir *geschäftsfallbezogene und beziehungsorientierte Informationssysteme*. Der Ansatz des Kundenbeziehungsmanagements (CRM) hat sich in den letzten Jahren so stark durchgesetzt, dass inzwischen die meisten Marketinginformationssysteme, die alle Markttransaktionsphasen unterstützen, dieser Kategorie zugerechnet werden können. Große Hersteller kommerzieller Standardanwendungssoftware, wie SAP, Oracle und Microsoft, versuchen, dieses Konzept auch auf die Beschaffung auszuweiten. Lieferantenbeziehungsmanagementsysteme (SRM) haben bisher jedoch längst nicht die Verbreitung erfahren wie CRM-Systeme.

Koordination wirtschaftlicher Austauschprozesse: Die meisten außenwirksamen Informationssysteme sind von einem Betrieb *hierarchisch gesteuert*, das heißt, dessen Management bestimmt die IS-Entwicklung, den IS-Betrieb und die marktbezogenen Grundsatzentscheidungen der Produkt- und Programmpolitik, Preis-, Distributions- und Kommunikationspolitik. Solche Systeme können sich sowohl auf den Beschaffungs- als auch auf den Absatzmarkt richten. Ein *elektronischer Markt* (engl.: electronic market) ist eine Plattform für den marktmäßig organisierten Tausch von Produkten und Dienstleistungen zwischen gleichberechtigten Partnern (Anbietern und Nachfragern), die über Rechnernetze Zugang haben. Ein *Unternehmensnetzwerk* (engl.: business network) besteht aus autonomen Unternehmen, die zusammenarbeiten, um einen für alle Beteiligten größtmöglichen Nutzen zu erreichen. Außenwirksame Informationssysteme, die solche unternehmensübergreifende Leistungserstellungsprozesse unterstützen, sind EDI-Systeme (elektronischer Datenaustausch, engl.: electronic data interchange, Abkürzung: EDI) und Supply-Chain-Management-Systeme (Abkürzung: SCM). Im B2B-Bereich haben proprietäre Netze oft eine große Bedeutung. Es handelt sich, wie zum Beispiel bei SWIFT im Bankenbereich oder den Computerreservierungssystemen Amadeus, Galileo, Sabre und Worldspan im Tourismus, um vor Jahrzehnten entstandene Systeme, an die weltweit tausende Betriebe (in unserem Beispiel: Geldinstitute beziehungsweise

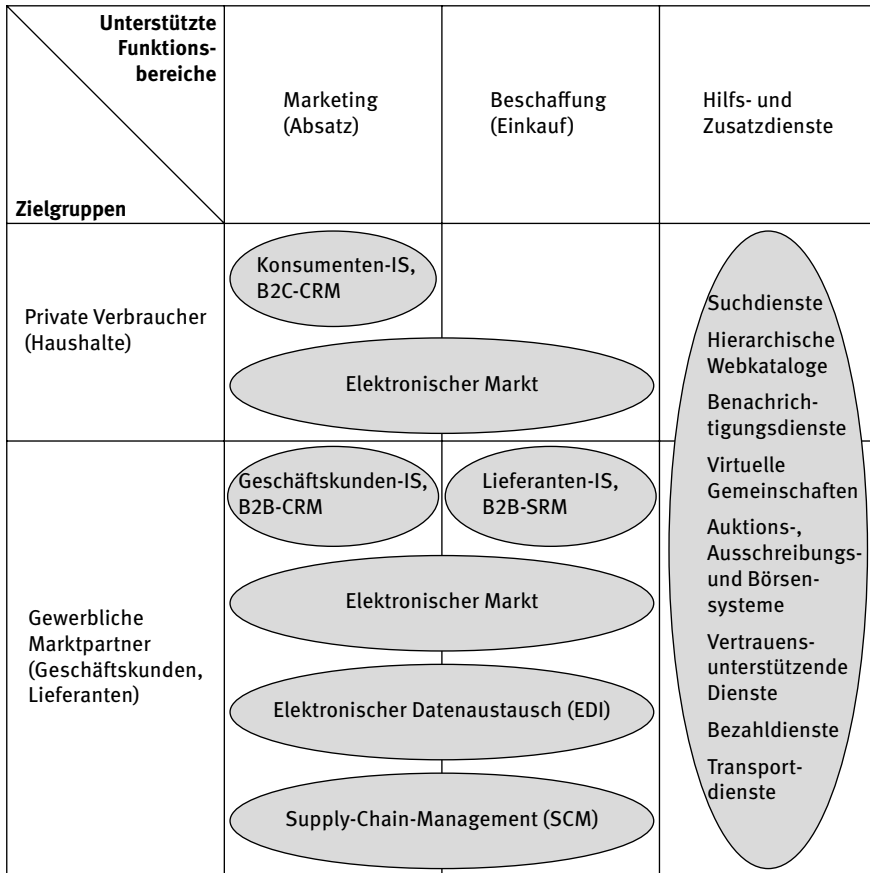


Abb. 6.3: Zielgruppen und unterstützte Funktionsbereiche außenwirksamer Informationssysteme

Reisebüros) angeschlossen sind. Im B2C-Bereich ist hingegen das Internet stark dominierend; erst durch diesen kostengünstigen Weg ist auch den Konsumenten die Datenfernverarbeitung mit den darauf basierenden Anwendungen erschlossen worden.

IS-Betreiber: Betreiber von außenwirksamen Informationssystemen sind meist *einzelne Betriebe*. Lieferanten-, Geschäftskunden- und Konsumenteninformationssysteme werden überwiegend in dieser Form organisiert. Betreiber von elektronischen Märkten und Unternehmensnetzwerken sind hingegen häufig *Konsortien*, zu denen sich die Partner zur Durchführung des gemeinsamen Vorhabens zusammenschließen. Oft übernehmen auch *unabhängige Dienstleister als „neutrale Dritte“* die Verantwortung für den Betrieb.

Zur Gliederung von außenwirksamen Informationssystemen werden meist die Kriterien Zielgruppen und unterstützte Funktionsbereiche herangezogen. Abb. 6.3 veranschaulicht dies.

6.1.3 Veränderung der Wertschöpfungsketten

Das Internet trägt zu einer raschen Veränderung der Wertschöpfungsketten bei. Es ermöglicht ein umfassendes, auf bestimmte Benutzer zugeschnittenes Informationsangebot und die unmittelbare Interaktion zwischen Anbietern und Nachfragern zu wesentlich günstigeren Kosten als frühere Techniken. Betriebe können damit ihre Geschäftsprozesse effizienter organisieren und neue Märkte erschließen. Ebenso können Konsumenten das Internet dazu benutzen, um geschäftliche Transaktionen abzuwickeln. Dabei erhalten sie Zugang zu einem breiten Spektrum von Angeboten, die sie auf einfache Weise miteinander vergleichen können. Durch die hohe Markttransparenz lassen sich große Preisunterschiede kaum aufrecht erhalten. Die Gewinne der Internet-Anbieter werden dadurch reduziert, es sei denn, sie können den Preisdruck durch Kostensenkungen auffangen. Auf diese Weise haben Internet-Märkte einen zunehmenden Einfluss auf die entsprechenden Märkte in der realen Welt. Die erhöhte Wettbewerbsintensität bringt an der Gewinnschwelle arbeitende Unternehmen in Bedrängnis. Die Absatzmittler zwischen den Herstellern und den Verbrauchern sind von der Ausschaltung bedroht. Ob die Verbraucher „ihren“ Geschäften in der realen Welt die Treue halten oder von den Möglichkeiten des Internets Gebrauch machen, hängt maßgeblich von ihren Gewohnheiten und der Bindung an ihre bisherigen Geschäftspartner ab. Auf die Thesen zur Disintermediation, Re-Intermediation und DisinteREmediation sind wir in Kapitel 2 bereits näher eingegangen.

Ähnlich differenziert wie die Ausschaltungsproblematik ist die *Frage zu sehen, ob künftig konventionelle Verkaufsstätten zunehmend durch elektronische ersetzt* werden. In manchen Bereichen hat der Einkauf über das Internet klare Effizienzvorteile, in anderen Bereichen kann er das Einkaufserlebnis und die sozialen und auch sensorischen Eindrücke des Besuchs eines Geschäftslokals nicht ersetzen. Das Verkaufserlebnis findet am Ort des Einzelhändlers statt. Würde der Einzelhandel weitgehend eliminiert, müssten andere Dienstleistungseinrichtungen (etwa des Produzenten) diese Aufgaben übernehmen. Zum Beispiel liegt in manchen hochpreisigen Segmenten des Autohandels diese Funktion bereits beim Produzenten. Eine vollständige Disintermediation durch das Internet ist somit nur für spezielle Produktgruppen möglich.

6.1.4 Digitale Güter



Digitale Güter (engl.: digital good) sind immaterielle Mittel zur Bedürfnisbefriedigung (Produkte und Dienstleistungen), die in digitaler Form (durch Zeichen) repräsentiert werden.

Am schnellsten und weitreichendsten sind die Marktveränderungen durch das Internet dort, wo mit *standardisierten Informationsprodukten* gehandelt wird: Dies sind beispielsweise Softwareprodukte, Aktien, Nachrichten, Reisebuchungen, Videos oder Musikaufnahmen. Diese Informationsprodukte liegen heute meist in digitaler Form vor. Die Kosten der Erstellung der ersten Kopie (engl.: master copy) entspricht den Kosten von materiellen Gütern, allerdings sind die Vervielfältigungskosten minimal. Zusätzliche Kopien können in nahezu unbegrenzter Zahl zu geringen, gleich bleibenden Stückkosten produziert werden. Doch nicht nur die Vervielfältigungskosten von digitalen Gütern sind sehr gering, auch ist deren Distribution über das Internet sehr kostengünstig. Abb. 6.4 zeigt einen Überblick über verschiedene Klassen von digitalen Gütern.

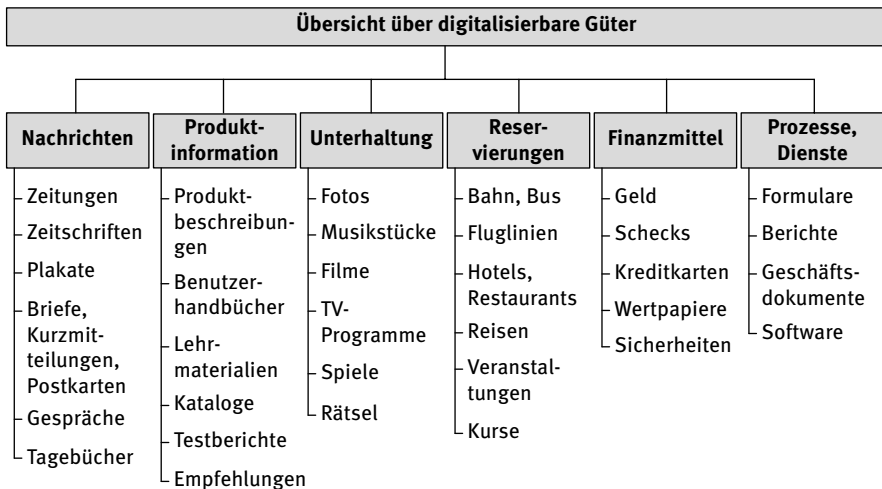


Abb. 6.4: Übersicht über digitale Güter

Die genannten Eigenschaften haben für den Produzenten nicht nur Vorteile, da sie auch die ungewollte Vervielfältigung, die Erstellung von „Raubkopien“, erleichtern. Standardisierte Informationsprodukte, nach denen große Nachfrage herrscht (Massenware, engl.: commodity), sind für *Raubkopierer* besonders

verlockend. Während der Originalhersteller seine Entwicklungskosten auf die geplante Verkaufsauflage verteilen muss, hat der Raubkopierer nur die geringen Vervielfältigungs- und Distributionskosten zu tragen. Folglich müssen die Produzenten mit Einnahmeverlusten durch das illegale Kopieren rechnen und können unter Umständen ihre Entwicklungskosten nicht mehr hereinbringen.

Diese Probleme werden durch Beispiele der *Musikbranche* verdeutlicht. Dieser Wirtschaftszweig beklagt Milliardenverluste durch illegal gebrannte CDs oder DVDs und den Austausch von Raubkopien im Internet. Vom Hauptabsatzbringer CD wurden im Jahr 2000 weltweit 2,4 Milliarden Stück verkauft, im Jahr 2016 waren es nur noch zirka 20 Prozent dieser Zahl. Der weltweite Gesamtumsatz mit CDs und anderen physischen Tonträgern (MC, VHS, Vinyl-LP, DVD, Blu-ray-Disc) betrug im Jahr 2000 noch 26,3 Milliarden US-Dollar, im Jahr 2016 nur mehr 5,4 Milliarden US-Dollar. Durch Lobbying für wirkungsvollere Gesetze zum Schutz des Urheberrechts, gerichtliche Verfolgung von Raubkopierern und Kopierschutz versuchten die Originalhersteller und Branchenverbände, die Zahl der Raubkopien einzudämmen. Ab dem Jahr 2003 hat es dann die Firma *Apple* mit dem *iTunes Music Store* vorgemacht, dass auch ein legales Musikgeschäft mit einem breiten, preisgünstigen Sortiment im Internet florieren kann. In der Folge haben es zahlreiche andere Internet-Firmen *Apple* nachgemacht und zum Download kam das Angebot von Streaming-Diensten wie *Deezer*, *Spotify* oder *Amazon Prime* hinzu, die 30 bis 40 Millionen Songs für eine geringe monatliche Teilnahmegebühr (meist zehn Euro) oder manchmal – bei Inkaufnahme von Werbung – sogar gratis anbieten. Dadurch konnten zumindest teilweise die Umsatzrückgänge der Branche aufgefangen werden, die seit 2010 bei einem weltweiten Umsatz von zirka 15 Mrd. US-Dollar stagniert.

Im Jahr 2015 überstieg erstmals der Umsatz digitaler Musikstücke (Downloads und Streaming, in Summe weltweit 6,6 Milliarden US-Dollar Umsatz) den der physischen Tonträger (5,8 Milliarden US-Dollar Umsatz). Im Jahr 2016 ist der globale Musikmarkt erstmals wieder nennenswert gewachsen (um 5,9 Prozent auf 15,7 Milliarden US-Dollar). Davon entfiel die Hälfte auf digitale Produkte, wobei Streaming mit über 100 Millionen Abonnenten und einem Umsatzzuwachs von 60,4 Prozent gegenüber dem Vorjahr der wesentliche Umsatztreiber war. 2017 entfielen nach einer Schätzung von PwC bei den gekauften digitalen Musikstücken 73 Prozent auf Streaming und 23 Prozent auf Downloads, fünf Jahre vorher war es noch umgekehrt (18 zu 70 Prozent; der Rest sind Klingeltöne).

Digitale Güter besitzen *Ähnlichkeiten zu öffentlichen Gütern*, zu denen beispielsweise die öffentlichen Parks oder die öffentlichen Verkehrswege zählen. Die wichtigsten Eigenschaften von öffentlichen Gütern sind die Nichtrivalität (durch die Nutzung eines Gutes wird niemand anderer an dessen Nutzung gehindert) und die Nichtausschließbarkeit (der Produzent eines öffentlichen Gutes kann niemanden an der Nutzung hindern). Die Konsequenzen von öffentlichen Gütern sind „Trittbrettfahrer“ (nutzen ein Gut, ohne zu dessen Erstellung beigetragen oder bezahlt zu haben) und eine Unterversorgung des Markts (niemand

ist bereit, entsprechende Güter ohne Entgelt zur Vergütung zu erstellen), die schließlich zum Marktversagen führt.

B

Beispielsweise bei MP3-Musikstücken ist technisch gesehen sowohl die *Nichtrivalität* (man nimmt niemandem das Musikstück weg, wenn man es kopiert) als auch die *Nichtausschließbarkeit* gegeben (es gibt keinen Kopierschutz). Folglich besitzt das MP3-Musikstück aus technischer Sicht die Eigenschaften eines öffentlichen Gutes. Allerdings wird juristisch durch das Urheberrechtsgesetz die Kopierbarkeit in Abhängigkeit der aufgezeichneten Inhalte eingeschränkt, sodass kommerzielle Musikstücke im MP3-Format keinesfalls öffentliche Güter sind.

Eine vollständige *Verdrängung von materiellen Gütern* durch digitale Güter ist auch dort unwahrscheinlich, wo dies technisch möglich wäre. Die Vergangenheit hat gezeigt, dass bei der Einführung neuer informationstechnischer Produkte die bestehenden Produkte wohl an Stellenwert verloren haben, aber gleichzeitig eine Produktdifferenzierung bewirkten.

6.1.5 Netzwerkeffekte

Bei der Standardisierung von Produkten und Dienstleistungen tritt ein ähnliches Phänomen wie bei öffentlichen Gütern auf: Eine Institution investiert in die Entwicklung von Standards, von deren Verwendung zahlreiche Marktteilnehmer profitieren. Dabei gilt vielfach, dass der Nutzen eines Gutes mit dessen Verbreitungsgrad zunimmt.

Das *Metcalfsche Gesetz* besagt, dass der Wert eines Kommunikationsmediums quadratisch mit der Zahl der daran angeschlossenen Benutzer ansteigt. Es liegt darin begründet, dass die Zahl der möglichen Interaktionen in einem Netzwerk ebenso quadratisch zu der Zahl der angeschlossenen Benutzer ansteigt. Dieses Postulat wurde 1970 von Robert Metcalf, dem Entwickler des Ethernets, formuliert. Ökonomen bezeichnen dieses Phänomen auch als positiven Netzwerkeffekt.

!

Ein **positiver Netzwerkeffekt** (engl.: positive network effect) besagt, dass die erhöhte Verbreitung eines Gutes sowohl den Produzenten als auch den Kunden (Nutzern) zu Gute kommt.

B

Zum *Beispiel* ist für Sie ein Telefon oder ein E-Mail-Programm umso wertvoller, je mehr potenzielle Kommunikationspartner Sie damit erreichen können. Auch wenn Sie sich für eine bestimmte Software oder einen bestimmten PKW entscheiden, werden Ihre Überlegungen durch die Verbreitung dieser Produkte und daraus resultierende Vorteile (Kompatibilität, Reifegrad, Wartung) beeinflusst. Der positive Netzwerkeffekt sorgt dafür, dass

beispielsweise ein Marktplatz umso wertvoller für die Mitglieder ist, je mehr daran teilnehmen. So erhöht eine höhere Zahl von potenziellen Nachfragern auf einem Marktplatz die Attraktivität für die Anbieter und eine hohe Anzahl von Anbietern bedeutet einen Zuwachs an Attraktivität für die Nachfrager. Dieser Effekt gilt für eine Vielzahl von materiellen und nicht materiellen Gütern, wie beispielsweise Standards: Ein Standard ist umso wertvoller, in je größerem Umfang er genutzt wird.

Zu den positiven Netzwerkeffekten zählen die *positiven Konsumeffekte* und in indirekter Folge die *positiven Produktionseffekte*.

Ein **positiver Konsumeffekt** (engl.: positive consumer effect) ist ein positiver Netzwerkeffekt, der durch die Anzahl der Nutzer eines Gutes mitbestimmt wird. Positiver Konsumeffekt bedeutet, dass der Nutzen einer Einheit eines Gutes mit dem Verbreitungsgrad des Gutes steigt (wenn dieses Gut von mehreren anderen Nutzern ebenso genutzt wird).



Die Nutzer eines Gutes werden aus der Sicht der Netzwerkökonomie als Netzwerk betrachtet. Durch den erhöhten Nutzen für das Individuum steigt der Nutzen des Gesamtnetzwerks, was wiederum noch weitere Nutzer anzieht. Dieser Verstärkungseffekt basiert auf einer positiven Rückkopplung aus der Anzahl der Nutzer. Große Netze haben stärkere Netzwerkeffekte als kleine Netze. Unter sonst gleichen Bedingungen sollten die Konsumenten deshalb bereit sein, mehr für den Anschluss an größere Netze zu bezahlen.

Ein indirekter Effekt des positiven Konsumeffekts ist ein *positiver Produktionseffekt*, da die durchschnittlichen Kosten von Produkten mit zunehmendem Absatz beziehungsweise Teilnehmerkreis sinken.

Ein **positiver Produktionseffekt** (Synonym: Skaleneffekt, engl.: economy of scale) ist ein positiver Effekt, der auf der Stückkostendegression beruht. Durch eine erhöhte Stückzahl können die bereits geleisteten (fixen) Produktentwicklungskosten zu einem geringeren Anteil auf die Verkaufserlöse pro Stück angesetzt werden.



Die Stückkostendegression wird hauptsächlich durch die Aufteilung von Investitionen (Fixkosten) in Forschung, Entwicklung, Produktion und Vertrieb auf eine höhere Zahl verkaufter Einheiten sowie durch Mengenrabatte beim Einkauf erreicht. Diese Vorteile sind dort besonders hoch, wo hohe Anfangsinvestitionen geringen Herstellungs- und Vertriebskosten gegenüber stehen.

Große positive Produktionseffekte sind beispielsweise in der Musik- und Filmindustrie, der Automobilindustrie, bei Chipproduzenten, bei Standardsoftwareherstellern und den Betreibern von Telekommunikationsnetzen gegeben.



In der Anfangsphase des Internet-Booms wurde vielfach *der falsche Schluss* gezogen, dass alle Internet-Unternehmen massiv von positiven Netzwerkeffekten profitieren. Dementsprechend sei „um jeden Preis“ ein rasches Wachstum anzustreben, um die Vorteile der Größe nutzen zu können. *Umsatzmaximierung wurde als Weg zur Marktdominanz* gesehen. Die Strategie war, durch massive Werbung und stark verbilligte Produkte möglichst rasch einen großen Kundenstock zu erreichen, um es damit später in den Markt eintretenden Konkurrenten zu erschweren, die wettbewerbsnotwendige Betriebsgröße (Stückkostendegression) zu erreichen. „*Der Erste gewinnt*“ (engl.: first mover wins) und „*Der Gewinner bekommt alles*“ (engl.: the winner takes it all) waren scheinbar die Devisen beim „Wettlauf ins Internet“.

Netzwerke sind generell durch einen „Lock-in“ charakterisiert, der sich aus den Kosten der Teilnehmer beim Wechsel zu einem Alternativprodukt ergibt. Besitzt beispielsweise ein Kunde einen hohen Anteil an anbieterspezifischen Produkten, so wird er diese bei einem Herstellerwechsel nicht nutzen können (etwa Microsoft-Produkte, Apple-Zubehör und ähnliches). Durch diesen „Lock-in“ ergibt sich ein Trend zur Monopolisierung. Auf der anderen Seite hat die Vergangenheit gezeigt, dass gerade bei digitalen Produkten die Märkte häufig instabil sind, und sich in relativ kurzer Zeit neue Netzwerke mit geringen Einstiegskosten etablieren können.

B

Beispiele für Netzwerke mit einem schwachen Lock-in sind etwa der Internet-Handel mit Lebensmitteln, Spielzeug, Textilien und Schuhen. Die Verbraucher haben bei diesen und vielen anderen Angeboten nichts oder kaum etwas davon, wie viele andere Personen diese Produkte verwenden.

Ein starker Lock-in-Effekt wird durch *starke positive Konsumeffekte* und *hohe Herstellerwechselkosten* bewirkt. Dieser Effekt ist etwa bei einem hohen Monopolisierungsgrad gegeben, durch den die Konsumenten keine gleichwertigen Alternativen von Produkten oder Dienstleistungen auf dem Markt vorfinden.

B

Hohe Wechselkosten ergeben sich beispielsweise durch die lange vertragliche Bindung der Kunden beim Kauf subventionierter Endgeräte von Mobiltelefondienstleistungen oder durch Meilengutschriften bei Fluglinien. Einzelhändler (zum Beispiel Apotheken) werden oft dadurch „elektronisch gefesselt“, weil „ihr“ Großhändler weitreichende Funktionen in der Warenwirtschaft übernimmt (bis hin zur kostenlosen Überlassung von Scannerkassen und automatischen Nachlieferung verkaufter Produkte). Beispiele für starke Lock-in-Effekte von Internet-Märkten sind virtuelle Gemeinschaften, bei denen der Teilnehmer Inhalte einbringt und verwendet, wie etwa bei Facebook oder Instagram.

6.2 Portale und Dienste

Wir behandeln in diesem Abschnitt *Internet-Portale* sowie die wichtigsten *Hilfs- und Zusatzdienste*, die die Anbahnung und Durchführung von Geschäften im Internet erleichtern und unterstützen, insbesondere Suchdienste, vertrauensunterstützende Dienste und Bezahldienste. Die Hilfs- und Zusatzdienste sind sowohl als eigenständige Angebote als auch in andere Internet-Portale integriert verfügbar.

6.2.1 Portale

Ein *Portal* (engl.: portal) ist laut Duden eine Pforte, ein großer Eingang, eine „Vorhalle“. Durch Internet-Portale (oder kurz: Portale) erhalten die Benutzer einen einfachen Zugang zu den Informationsangeboten und Kommunikationsdiensten des Internets.

Ein **Internet-Portal** (engl.: Internet portal) ist eine Website (Webauftritt eines Anbieters), die einen häufigen Einstiegspunkt für Benutzer des Internets bildet, oder die Benutzer oft als zentrale Anlaufstelle aufsuchen. Es gibt unterschiedliche Typen von Portalen, die sich nach der Art der Anbieter und Benutzer, der Art der angebotenen Ressourcen und Dienste sowie den Zugangsmöglichkeiten über Endgeräte unterscheiden lassen.



Das Portal fasst die Information zu einem Themenbereich aus unterschiedlichen Informationsquellen in einer einheitlichen Form zusammen und präsentiert dieses Angebot im Internet. Die Informationsquellen können von der gleichen oder anderen Websites stammen. Je nach Adressatenkreis kann andere Information gebündelt werden.

Portale werden auch von spezialisierten Unternehmen genutzt, um IT-spezifische Dienstleistungen anzubieten (IT-Dienstleister-Portale). Diese bieten neben dem *Internet-Zugang* weitere Dienste an. Dazu gehört oft das *Webhosting* (engl.: web hosting), das heißt, die Bereitstellung einer Infrastruktur (Standardrechner, Betriebssystem, Webserver, Speicherplatz, Übertragungskapazitäten, Basisdienste) für Anwender, die ihre Webinformationssysteme nicht im eigenen Haus betreiben wollen. Für den Anwender wird ein eigener Domainname reserviert. Von vielen Zugangsanbietern werden auch Zusatzdienstleistungen, wie beispielsweise Webdesign, angeboten. Häufig bieten Internet-Diensteanbieter auch *Kommunikationsdienste* (wie beispielsweise E-Mail, Instant Messaging, Chat, Foren, SMS, MMS), *Hilfs- und Zusatzdienste* (beispielsweise Such- und Sicherheitsdienste oder elektronische Bezahldienste) und *Cloud-Computing* an. Die verschiedenen Dienstleistungsmodelle des Cloud-Computing werden in Kapitel 12 vorgestellt.

! Ein **Unternehmensportal** (engl.: corporate portal, enterprise portal) ist der Webauftritt eines Unternehmens, den Mitarbeiter und Geschäftspartner (beispielsweise Kunden oder Lieferanten) häufig als zentrale Anlaufstelle aufsuchen, um vom Unternehmen angebotene Information und Dienste zu verwenden.

Unternehmensinformationsportale (engl.: enterprise information portal, Abkürzung: EIP) dienen zur Aufgabenerfüllung der Mitarbeiter durch den Zugriff, die Verarbeitung und die Verteilung von strukturierter und unstrukturierter Information im Unternehmen. Solche Portale unterstützen auch die Rollen, die Kommunikation und Kooperation, die Entscheidungsfindung und die Abwicklung der Geschäftsprozesse. Dementsprechend kann man in weiterer Untergliederung Rollenportale, Kommunikations- und Kooperationsportale, Entscheidungsunterstützungsportale und Geschäftsbereichsportale unterscheiden.

Außenwirksame Unternehmensportale (engl.: extranet enterprise portal) machen die betrieblichen Informationssysteme für Kunden, Lieferanten und sonstige Geschäftspartner zugänglich. Nach den wichtigsten Zielgruppen kann man Konsumentenportale (engl.: consumer portal, B2C portal), Geschäftskundenportale (engl.: business customer portal) und Lieferantenportale (engl.: supplier portal) unterscheiden. Die Aufgabe der Geschäftskunden- und Lieferantenportale besteht darin, den Informationsaustausch mit diesen Geschäftspartnern zu unterstützen. Dabei können sowohl Transaktionen abgewickelt als auch Status- und Performanceinformation (zum Beispiel Lagerbestände, Lieferantenbewertungen) ausgetauscht werden. So wie bei den Unternehmensinformationsportalen für den internen Gebrauch kann man auch hier nach Rollenportalen, Kooperationsportalen, Wissensmanagementportalen, Geschäftsbereichsportalen und Business-Intelligence-Portalen weiter untergliedern.

B Ein *Beispiel für ein Lieferantenportal* ist *b2b.spar.at* des österreichischen Lebensmitteleinzelhandelsunternehmens SPAR. Dieses Portal dient der Schaffung einer Informationsplattform zwischen SPAR und seinen Lieferanten. Das Ziel ist die Nutzung als *primäre Kommunikationsform bei Standardprozessen*. Das Lieferantenportal beruht auf drei Säulen: Information, aktive Kommunikation und Transaktion.

6.2.2 Suchdienste

! Ein **Suchdienst** (engl.: search service) ist ein Dienst im Internet, der den Benutzern Unterstützung beim Auffinden gesuchter Inhalte über das Internet bietet. Eine **Suchmaschine** (engl.: search engine) ist ein Suchdienst, der das Auffinden von gesuchten Webressourcen ermöglicht. Ein **Suchportal** (engl.: search portal) ist ein Suchdienst, der das Auffinden von speziellen Inhalten des Portals unterstützt.

Man kann Suchdienste danach klassifizieren, was man damit finden kann, wo und wie gesucht wird (siehe Abb. 6.5). Es gibt universelle Suchdienste, mit denen man alles finden kann, was im Internet öffentlich verfügbar ist, und spezielle Suchdienste, die auf bestimmte Gegenstände oder Bereiche ausgerichtet sind.

Bei den universellen *Volltextsuchdiensten* hat es Anfang der 2000er Jahre einen starken Konzentrationsprozess gegeben. Übrig geblieben sind im Wesentlichen der Marktführer *Google* (Weltmarktanteil über 90 Prozent), *Microsofts Bing* sowie *Yahoo! Search* (nutzt die Bing-Suche). Die Suchmaschine *DuckDuckGo* betont, die Privatsphäre der Nutzer zu berücksichtigen. Spezielle Suchdienste für Geschäftsleute sind *XING* und *LinkedIn*. Auf Partnervermittlung spezialisierte Dienste sind meist länderspezifisch; in Deutschland sind dies unter anderen *Parship*, *LoveScout24*, *neu.de*, *iLove* und *ElitePartner*. Die wichtigsten Lieferanten suchdienste für Produkte und Dienstleistungen im B2B-Bereich sind die *Techniksuchmaschine SJN*, *Europages*, *Kompass*, *Wer liefert was?* und *Industrystock*.

B

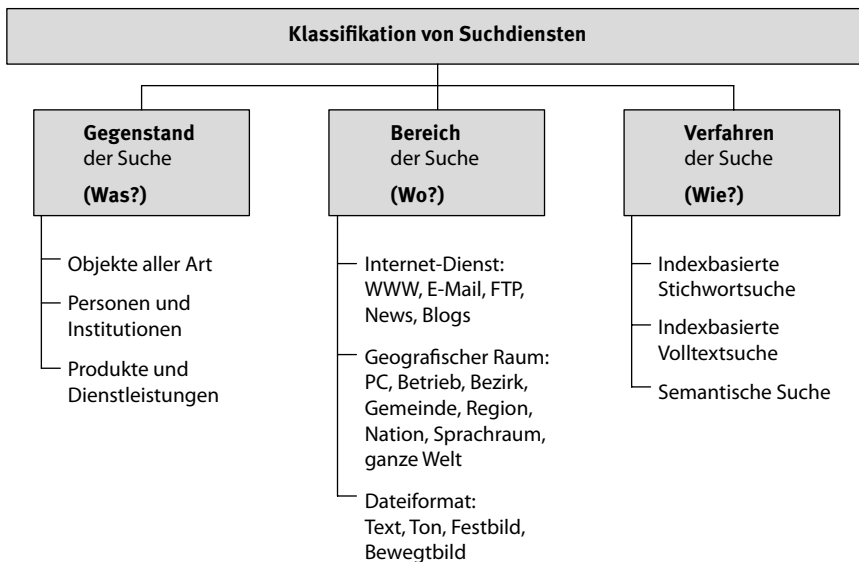


Abb. 6.5: Klassifikation von Suchdiensten

Im *B2C-Bereich* werden in der Informationsphase vor einem Kauf *Preisvergleichsdienste* stark frequentiert, die für die gesuchten Produkte in Frage kommende Lieferanten, Preise und Lieferzeiten ausweisen. Oft werden für die Lieferanten auch Bewertungen durch die Kunden angegeben. Die meisten Preisvergleichsdienste beschränken sich auf Warengruppen mit standardisierten, bekannten Produkten wie Kameras, Fernseher, Computerhardware usw. Es gibt

aber auch Angebotsvergleiche für komplexere Produkte und Dienstleistungen wie etwa Reisen und Versicherungen.

B

Spezielle *Suchdienste für Musik* sind selten eigenständige Unternehmen; sie werden von den entsprechenden Webshops für Musik-Downloads und Musikstreaming-Diensten betrieben. Dasselbe gilt für Fotos und Videos, für die von den vorstehend genannten Anbietern ebenfalls Suchfunktionen und Produkte angeboten werden. Die größten Fotosuchdienste sind *Instagram* („Twitter der Fotowelt“, Tochterfirma von Facebook), *Flickr* („professionelle Fotoplattform“, Tochterfirma von Yahoo!) und *Pinterest* („virtuelle Pinnwände für Fotokollektionen mit Beschreibungen“). Der größte Videosuchdienst ist *YouTube* (Tochterfirma von Google). *Wikimedia Commons* ist das einzige Medienportal, das ausschließlich freie Fotos und Videos akzeptiert.

Der *geografische Raum*, auf den sich ein Suchdienst bezieht, kann die ganze Welt sein. Bei den globalen Suchdiensten kann meist der Suchbereich auf einen bestimmten Sprachraum oder ein geografisches Gebiet begrenzt werden. Durch die Zuweisung raumbezogener Referenzangaben zu Inhalten (zum Beispiel zu Texten, Fotos, Videos, Websites) werden auch eine ortsbezogene Suche und die Verknüpfung mit Kartenmaterial möglich.

Damit Dokumente über eine Suchfunktion von einem Internet-Portal aus abrufbar sind, müssen diese von der Suchkomponente erfasst und indiziert werden. Um Information aus dem Internet zu sammeln, werden sogenannte *Webroboter* (engl.: search bot, web crawler) eingesetzt. Bei Webrobotern handelt es sich um Programme, die regelmäßig und systematisch auf die ihnen zugewiesenen Teile des Internets zugreifen und die Seiteninhalte lesen. Aus diesen Inhalten wird die Metainformation, wie Titel, Erstellungsdatum, Datum der letzten Änderung erfasst und der Inhalt der gefundenen Dokumente analysiert. Dabei wird zwischen Suchdiensten unterschieden, die bei ihrer Analyse das *gesamte Dokument* (Volltext) heranziehen und jenen, die ihre Dokumentenanalyse auf explizit ausgewiesene *Metadaten* beschränken. Aufgrund der durch die Analyse ermittelten Metadaten werden die Dokumente *indexiert*, das heißt in einer Datenstruktur abgelegt, die das schnelle Vergleichen von Anfragen mit der Metainformation der Dokumente erlaubt. Ein Suchdienst benützt den erzeugten Index, um zu einem Suchbegriff Dokumente zu finden, in denen dieser enthalten ist (siehe Abb. 6.6).

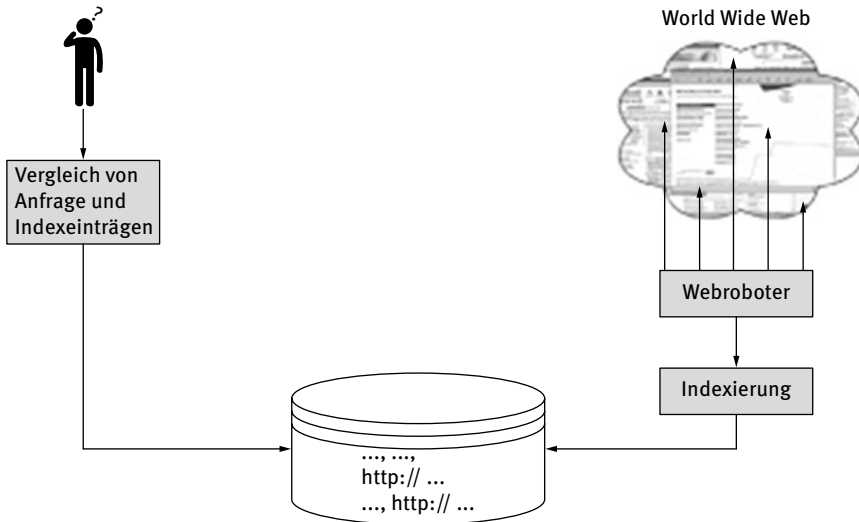


Abb. 6.6: Funktionsweise eines Internet-basierten Suchdienstes

Die von einem Webroboter gefundene Information wird entweder vollautomatisiert in den Datenbestand eingepflegt (in diesem Fall handelt es sich um eine reine Suchmaschine) oder diese Information wird von (menschlichen) Redakteuren überprüft und katalogisiert.

Eine **Volltextdatenbank** (engl.: full-text data base) ist eine Datenbank, in der Dokumente in ungekürzter Form abgespeichert sind. Gegenüber einer Datenbank, die nur Referenzangaben enthält, ist es von Vorteil, dass keine zeitaufwendige Verdichtung nötig ist, die in voller Länge interessierenden Dokumente sofort zur Verfügung stehen und die Subjektivität bei der inhaltlichen Auswertung durch Dritte entfällt.



Bei Portalen mit einem hohen Anteil an benutzergenerierten Inhalten wird die Verschlagwortung auch oft durch die Benutzer selbst vorgenommen.

Folksonomy (engl.: folksonomy) ist eine Wortsammlung zur Verschlagwortung von meist digitalen Inhalten. Das Wort ist ein Kunstwort, das aus Volk (engl.: folk) und Taxonomie gebildet wurde. Während bei einer Taxonomie die Gestaltung der Wortsammlung (Schlüsselbegriffe) und die Zuweisung von Schlagwörtern an Inhalte (Verschlagwortung) von wenigen Experten vorgenommen wird, kann bei einer Folksonomy jeder Benutzer eigene Begriffe verwenden und diese den Inhalten zuweisen. Diese Form der gemeinschaftlichen Indexierung wird auch im Deutschen vielfach als **Tagging** bezeichnet.



Tags sind Schlüsselbegriffe oder Rubrikbezeichnungen, die einem Dokument (Text, Musikstück, Foto, Video) zugeordnet werden, um es zu klassifizieren und später leichter wiederfinden zu können.

Meldet das Suchsystem auf eine Anfrage mehrere Treffer, so werden diese nach *Rangordnungskriterien* sortiert präsentiert. Mithilfe dieser Kriterien wird versucht, jene Dokumente zu ermitteln, die *für den Benutzer des Suchdiensts die höchste Relevanz* haben. Für die *Ermittlung der Rangreihenfolge* existieren unterschiedliche *Heuristiken*. Die Relevanz eines Dokuments kann zum Beispiel anhand der Häufigkeit der vorkommenden Suchbegriffe ermittelt werden. Die in der Praxis eingesetzten Heuristiken werden von den Suchmaschinenbetreibern meist streng geheim gehalten, da jede bekannte Heuristik leicht von einem Informationsanbieter ausgenutzt werden kann, der Interesse daran hat, dass sein Unternehmen bei der Auflistung von Treffern ganz oben steht. Es existieren ausgefeilte Techniken für diese sogenannte *Suchmaschinenoptimierung* (engl.: search engine optimization, Abkürzung: SEO).

B

Zum *Beispiel* verwendet der Suchdienst *Google* zur Beurteilung der Relevanz der einzelnen Webseiten bei der Reihung von Suchergebnissen den sogenannten *PageRank-Algorithmus*, der 1998 von den Google-Gründern Larry Page und Sergey Brin entwickelt wurde. Bei dem Algorithmus wird neben Inhaltskriterien auch die Popularität der Webseite herangezogen. Die Popularität wird durch die Anzahl der Dokumentverweise von Webseiten auf das Dokument gemessen. Mehr Verweise bedeuten eine höhere Popularität. Bei PageRank werden nicht alle Webseiten als gleich wichtig betrachtet, da auch in der Realität einzelne Webseiten eine höhere Bedeutung als andere besitzen. PageRank ermittelt die Bedeutung einer Webseite, in dem es die Bedeutung der Webseiten heranzieht, die auf das Dokument verweisen. Dokumente, auf die keiner verweist, haben dabei die geringste Bedeutung. Die Bedeutung einer Webseite entspricht somit dem Grad der Sichtbarkeit im Web. Beim PageRank-Algorithmus wird die gesamte Verweisstruktur des Webs für die Ermittlung der Bedeutung herangezogen.

6.2.3 Vertrauensunterstützende Dienste

In der Wirtschaft spielt *Vertrauen* eine wichtige Rolle. Voraussetzung für das Zustandekommen von Verkäufen beziehungsweise Käufen ist die Erwartung, dass der Geschäftspartner seine Gegenleistung erbringen wird. Haben Anbieter (Lieferanten) Zweifel an der Bonität von Kunden, so werden sie versuchen, diesbezügliche Information einzuholen und nur dann zu liefern, wenn die Kreditwürdigkeit beziehungsweise Zahlungsfähigkeit gewährleistet erscheint. Andererseits werden Nachfrager (Kunden) nur dann bei einem bestimmten Anbieter bestellen, wenn sie ausreichendes Vertrauen haben, dass der Verkäufer die Produkte und Dienstleistungen mit den zugesicherten Eigenschaften in der ver-

einbarten Zeit liefern wird und der Datenschutz gewährleistet ist. Vertrauen entwickelt sich im Lauf der Zeit, wenn sich Geschäftspartner besser kennen lernen und die gegenseitigen Erwartungen in hohem Maße erfüllen. Je länger eine erfolgreiche Geschäftsbeziehung dauert und je mehr Transaktionen korrekt abgewickelt worden sind, umso höher wird die Wahrscheinlichkeit eingeschätzt, dass auch das künftige Geschäftsgebaren durch Glaubwürdigkeit und Verlässlichkeit des Partners geprägt sein wird.

Besondere *Merkmale des E-Commerce* sind, dass die Zahl der potenziellen Geschäftspartner sehr groß sein kann, dass diese weit voneinander entfernt sein können (bis hin zur globalen Verteilung), und dass der Anteil der Erst- beziehungsweise Gelegenheits(ver)käufe sehr hoch sein kann, wodurch sich die Geschäftspartner nicht oder kaum kennen. Die Beurteilung der Produkte durch Augenschein ist meist nicht möglich. Im B2C-E-Commerce sind darüber hinaus die Kontrahierungsfristen (Annahme von Online-Bestellungen) und Auftragswerte meist so gering, dass keine langwierigen, kostspieligen Recherchen möglich sind, um mehr über die Transaktionspartner zu erfahren. Der Verlust aus Betrugsfällen ist beträchtlich. Aus mangelndem Vertrauen wird von vielen Konsumenten auf E-Commerce verzichtet.

Vertrauensunterstützende Dienste (engl.: trust supporting service) sollen Risiken bei der Auswahl von Geschäftspartnern (und von deren Produkten und Dienstleistungen) durch bessere Information vermindern und potenzielle Konflikte entschärfen, wenn das Vertrauen bei Transaktionen enttäuscht worden ist. Wir unterscheiden nach dem jeweiligen Hauptzweck Zertifizierungsdienste für Websites, Kreditinformationsdienste, Reputationsdienste und Konfliktlösungsdienste (siehe Abb. 6.7).

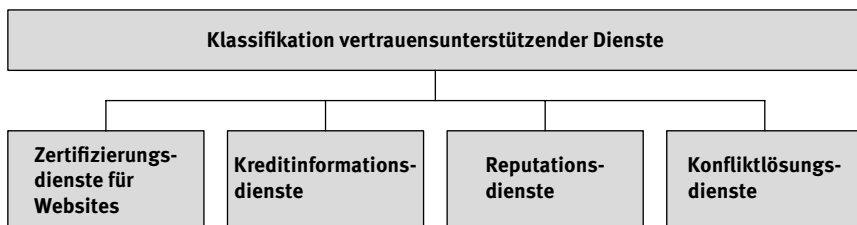


Abb. 6.7: Vertrauensunterstützende Dienste

Von unabhängigen Dienstleistern angebotene Zertifizierungsdienste für Websites (engl.: third party certification service for websites) versuchen, durch die Vergabe eines Gütesiegels an im Internet anbietende, „solide“ Unternehmen die Unsicherheit der Nachfrager bezüglich der Güter- und Transaktionsqualität zu reduzieren. Durch strenge, meist über die gesetzlichen Mindeststandards hin-

ausgehende Qualitätskriterien, deren Einhaltung regelmäßig überprüft wird, soll eine kundenfreundliche Geschäftsabwicklung sichergestellt werden. Bei kleinen Websites ist bisher die Akzeptanz der E-Commerce-Gütesiegel gering, da diese Zweifel haben, ob der damit erzielbare Mehrumsatz den hohen Aufwand für das Zertifizierungsverfahren und die laufenden Kosten rechtfertigt.

B

Die drei bekanntesten E-Commerce-Gütesiegel im deutschsprachigen Raum sind *Trusted Shops*, *EuroLabel* und *s@fer-shopping* von TÜV Süd.

!

Ein **Kreditinformationsdienst** (engl.: credit information service) soll Anbieter vor Zahlungsausfällen schützen. Er bietet seinen Vertragspartnern Auskünfte über das Zahlungsverhalten und die finanzielle Situation von Geschäftspartnern, die Bonitätsüberwachung bei Bestandskunden (Monitoring), die Adressermittlung und Identitätsprüfung sowie weitere Auskünfte (wie Kontonummernüberprüfung, Handelsregisterangaben, Kennzahlen für das Risikomanagement).

B

Der größte *Kreditinformationsdienst in Deutschland* ist die SCHUFA. Weitere Auskunfteien, die in Deutschland Daten zur Bonität von Privatpersonen und für das Risikomanagement anbieten, sind die *Creditreform Boniversum GmbH* und die *InFoScore Consumer Data GmbH*. Marktführer im *österreichischen Markt* ist der KSV (Kreditschutzverband von 1870), im *Schweizer Markt* die *Creditreform* (in beiden Fällen für den B2B- und B2C-Bereich).

!

Ein **Reputationsdienst** (engl.: reputation service) erleichtert die Einschätzung der Vertrauenswürdigkeit von Geschäftspartnern *vor* der Durchführung von Transaktionen. Durch Aussagen über vergangenes Geschäftsverhalten wird auf die Verlässlichkeit und zukünftiges Verhalten geschlossen. Je nachdem, wo die Bewertung der Geschäftspartner durchgeführt wird, lassen sich *zentrale und dezentrale Reputationsdienste* unterscheiden.

B

Ein *Beispiel für einen dezentralen Reputationsdienst* ist die Mitgliederbewertung von *TripAdvisor*. Über diese Website können Benutzer Hotels und Restaurants bewerten. Dabei können Punkte vergeben werden, Textbeschreibungen hinzugefügt und Fotos hochgeladen werden. Das Bewertungsprofil informiert somit andere Mitglieder über die Qualität des Angebots eines Hotels oder eines Restaurants.

!

Ein **Konfliktlösungsdienst** (engl.: conflict resolution service, mediation service) bietet einen geordneten Rahmen (Vorgehensmodell, Mediator), um online Streitigkeiten zu schlichten, wenn es *nach* Geschäftstransaktionen zu Problemen kommt. Durch die klare und transparente Information auf der Website über diese außergerichtliche Konfliktlösungsmöglichkeit soll das Vertrauen der Kunden in den E-Commerce gestärkt werden.

B

Seit 2016 schreibt eine EU-Verordnung über die Online-Beilegung verbraucherrechtlicher Streitigkeiten (ODR-Verordnung) vor, dass in der Union niedergelassene Internet-Anbieter die Verbraucher durch einen leicht zugänglichen Link auf die Existenz einer von der Kom-

mission betriebenen Plattform zur Online-Streitbeilegung (OS-Plattform) informieren müssen. Die OS-Plattform enthält eine Liste der von den Mitgliedsländern zugelassenen nationalen „Stellen für alternative Streitbeilegung“ (AS-Stellen), die eine unabhängige, unparteiische, transparente, effektive, schnelle und faire außergerichtliche Online-Beilegung von Streitigkeiten zwischen Verbrauchern und Unternehmen ermöglichen sollen. Die Internet-Anbieter müssen die Verbraucher darüber informieren, inwieweit sie bereit oder verpflichtet sind, an Streitbeilegungsverfahren vor einer AS-Stelle teilzunehmen. Bei der OS-Plattform (<http://ec.europa.eu/odr>) können nicht nur die Verbraucher Beschwerden über Händler einreichen, sondern es können sich auch Händler über Verbraucher beschweren. Die Streitbeilegung erfolgt online in vier Schritten:

- Einreichung der Beschwerde,
- Einigung über Streitbeilegungsstelle,
- Bearbeitung der Beschwerde durch die Streitbeilegungsstelle,
- Lösungsfindung und Schließung der Beschwerde.

6.2.4 Bezahldienste

Die häufigsten, im Electronic Commerce oft wahlweise angebotenen, *Zahlungsformen* sind die Bezahlung auf Rechnung (Überweisung nach Rechnungserhalt), per Online-Bezahldienst, per Lastschrift (Bankeinzug), per Kreditkarte und per Vorkasse. Geringere Bedeutung haben der Ratenkauf und die Bezahlung per Nachnahme. Die Zahlung gegen Rechnung nach dem Kauf ist für die Käufer mit dem geringsten Risiko verbunden und dementsprechend am beliebtesten. Für die Anbieter ist die Vorkasse das sicherste Zahlungsverfahren, weil hierbei der Kunde die Ware vor dem Versand bezahlt. Die Vorauszahlung durch Überweisung wird von den Anbietern vor allem dann gefordert, wenn es bisher keine längeren Geschäftsbeziehungen gegeben hat oder individualisierte Produkte bestellt werden. Auch bei Online-Auktionen sind Vorauszahlungen üblich.

Da die traditionellen Zahlungsformen beim Inkasso relativ hohe Kosten verursachen, kommen sie für Kleinpreisartikel und -services, wie zum Beispiel elektronische Zeitungen, Auskünfte, Bilder, Spiele, Musikstücke usw., oft nicht in Betracht. Deshalb wurde schon in den 1990er Jahren versucht, im Internet spezielle Bezahldienste für kostengünstige *Mikrozahlungen* (engl.: micro payment) anzubieten. Die meisten Lösungen waren proprietär und gingen von Vorauszahlungen der Konsumenten aus, von deren Guthaben dann bei Bedarf die Rechnungsbeträge abgebucht werden konnten. Pioniere wie beispielsweise *DigiCash* aus dem Jahr 1989 konnten sich jedoch nicht durchsetzen.

Am weitesten verbreitet ist *Bitcoin* als ein internationaler Bezahldienst, der Zahlungen direkt zwischen verschiedenen Teilnehmern ermöglicht.

Mehr Erfolg hatten und haben *Internet-Bezahldienste* (engl.: Internet payment service), die auf den klassischen Zahlungsformen Lastschrift, Rechnung und Kreditkarte aufsetzen. In vielen Fällen verwenden die Anbieter von Produkten und Dienstleistungen solche Lösungen als eine von mehreren Bezahlmöglichkeiten. Internet-Bezahldienste werden sowohl im B2B- als auch im B2C-Bereich verwendet, Anwendungsschwerpunkte sind elektronische Märkte und Webshops beziehungsweise Konsumenteninformationssysteme.



Ein **Internet-Bezahldienst** (engl.: Internet payment service) übernimmt als Mittler zwischen Anbieter (Verkäufer) und Benutzer (Käufer) die elektronische Zahlungsabwicklung beim Internet-Vertrieb. Diese Dienste werden meist als Komplettpakete angeboten, die die gängigen Zahlungsformen unterstützen, die teilnehmenden Anbieter und Benutzer verwalten und den Anbietern Statistiken und eine Absicherung gegen Zahlungsrisiken (Sicherheitsüberprüfungen, manchmal Zahlungsgarantie) bieten. Die Internet-Bezahldienste sind in der Regel für die Käufer kostenlos, die Anbieter haben eine transaktions- beziehungsweise umsatzabhängige Gebühr zu entrichten.

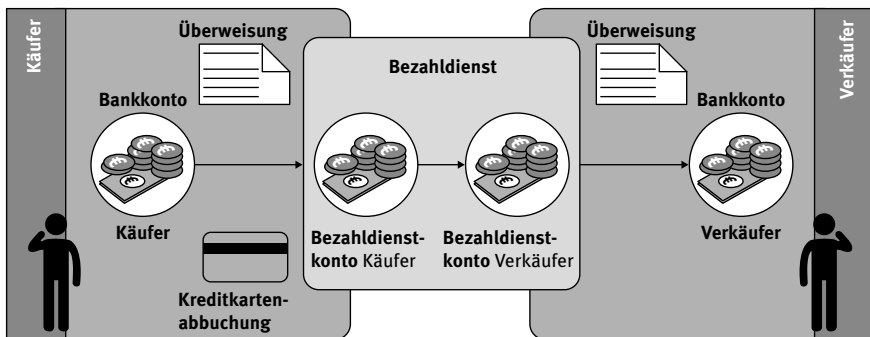


Abb. 6.8: Zahlungsabwicklung über einen Internet-Bezahldienst

Wir beschreiben nachfolgend einen typischen *Internet-Bezahldienst*, der als *Treuhänder zwischen Käufer und Verkäufer* steht (siehe Abb. 6.8). Für die Käufer ist die Zahlungsabwicklung kostenlos. Das Logo des Bezahldiensts bei den im Angebot verzeichneten Artikeln zeigt den Kunden, dass sie ihre Zahlung über diesen Bezahlendienst durchführen können. Die Kunden registrieren sich einmalig mit ihren Bank- oder Kreditkartendaten bei dem Bezahlendienst und geben dabei an, ob sie in der Regel per Lastschrift, Überweisung, Kreditkarte oder Guthaben bezahlen wollen. Bei der Kaufabwicklung wählen sie durch Anklicken des Logos den Bezahldienst aus, loggen sich in ihrem dortigen Konto ein, überprüfen die Zahlungsdetails und bestätigen den Betrag. Die Bank- oder Kreditkartendaten werden bei der Zahlung nicht an den Verkäufer übermittelt. Die

Kunden erhalten eine Bestätigung für jede ihrer Transaktionen und können sich jederzeit über alle Aktivitäten auf ihrem Bezahldienstkonto informieren. Die Transaktionen werden geprüft, um betrügerische Aktivitäten sofort zu erkennen und dagegen anzugehen. Nur wenige Bezahldienste bieten einen begrenzten Käuferschutz, falls der Verkäufer den Artikel nicht versendet oder dieser erheblich von der Artikelbeschreibung abweicht.

Der *Verkäufer* erhält innerhalb von Sekunden eine Gutschrift auf seinem Bezahldienstkonto und kann das Geld von dort auf jedes beliebige Bankkonto weiter überweisen lassen. Die Höhe der an den Bezahldienst zu entrichtenden Gebühren hängt vom Umsatzvolumen und unter Umständen auch von der Zahl der Transaktionen, den Warengruppen, Branchen und vom Standort der Käufer ab. Manchmal ersetzt ein Bezahldienst Verkäufern, die ihre Artikel mit dem Bezahldienst angeboten und verkauft haben, Zahlungsverluste und sichert damit Risiken des Lastschriftverfahrens wie Rücklastschriften (das sind Rückbuchungen von Lastschriften durch ein Kreditinstitut aufgrund Kontounterdeckung, unvollständiger Kontodaten oder Widerspruch des Zahlungspflichtigen), Rückbuchungen von Kreditkartenzahlungen und ungerechtfertigte Käuferbeschwerden ab. Die Einbindung des Bezahldiensts in den Webshop des Anbieters erfolgt über vom Bezahldienst bereitgestellte Programmierschnittstellen.

Der weltweit größte Internet-Bezahldienst ist die eBay-Tochter *PayPal* mit über 220 Millionen Kundenkonten weltweit (Stand: Anfang 2018). Die obige Beschreibung entspricht den von PayPal angebotenen Funktionen. Für über PayPal abgewinkelte Einkäufe auf eBay gibt es einen Käuferschutz. Gebühren fallen pro empfangener Zahlung an und bestehen aus einem Prozentsatz der Zahlungssumme und einem Festbetrag. Für die meisten Webshoplösungen gibt es ein PayPal-Plugin. Dieser Bezahldienst ist vor allem für Webshops mit hohem Umsatz geeignet, bei denen auch ausländische Kunden einkaufen und die eBay als zusätzlichen Vertriebsweg nutzen. In Deutschland hat *PayPal* über 20 Millionen aktive Nutzer, die bei mehr als 50.000 Webshops bezahlen können. Der Marktanteil am Gesamtumsatz des deutschen E-Commerce beträgt rund 20 Prozent. *Amazon* hat einen eigenen Bezahldienst (*Amazon Pay*) und lässt PayPal nicht zur Bezahlung zu, sonst wäre der PayPal-Marktanteil noch viel größer. *paydirekt*, der seit 2005 angebotene Online-Bezahldienst der deutschen Banken und Sparkassen, wird vergleichsweise wenig genutzt (1,5 Millionen Kunden). Weitere Anbieter, die Zahlungslösungen für den E-Commerce anbieten, sind u.a. die *Sofort GmbH* („Sofortüberweisung“ mittels Online-Banking, bei der ein Händler vom Zahlungsdienstleister sofort eine Bestätigung über die Einstellung der Überweisung erhält und die Ware sofort ausliefern kann) und *Klarna* (Zahlungsgarantie bei Rechnungs- und Ratenkauf). *Apple Pay*, ein kontaktloser Bezahldienst für mobile Geräte (iPhone, Apple Watch), wurde 2018 in Deutschland eingeführt.

Ein aktuell boomendes internationales Zahlungssystem, das aufgrund der geringen Transaktionskosten auch *Mikrozahlungen* ermöglicht, ist *Bitcoin*. Überweisungen erfolgen direkt zwischen gleichrangigen Teilnehmern (engl.: peer-to-peer) über das Internet. In einer von den Teilnehmern gemeinsam verwalteten dezentralen Datenbank (einer soge-

nannten *Blockchain*) werden alle Transaktionen gespeichert. Bisher gibt es erst wenige Händler, die Bitcoin akzeptieren. Wegen der hohen Wechselkursschwankungen ist es schwierig, im Webkatalog Preise in Bitcoin auszuweisen. Es gibt jedoch bereits Zahlungsdienstleister, die Bitcoin anbieten und das Währungsrisiko gegen eine geringe Gebühr übernehmen. In Kapitel 9 erfahren Sie Näheres über die sicherheitstechnischen Grundlagen und kryptografischen Verfahren. Dort wird auch die Funktionsweise von Bitcoin beschrieben.

6.3 Elektronische Märkte

Elektronische Märkte sind außenwirksame Informationssysteme, die primär dazu dienen, Angebot und Nachfrage nach Produkten oder Dienstleistungen elektronisch zusammen zu führen. Damit erfüllen elektronische Märkte eine Vermittlerfunktion zwischen Anbietern und Nachfragern. Anbieter und Nachfrager können sowohl Unternehmen oder andere Organisationen (zum Beispiel öffentliche Verwaltungseinrichtungen) als auch Konsumenten sein. Wir klären zunächst grundlegende Begriffe und gehen anschließend auf die verschiedenen Typen von elektronischen Märkten ein.

6.3.1 Klassifikation elektronischer Märkte

Ein *Markt* besitzt als Koordinationsinstrument zur effizienten Ressourcenallokation eine Reihe interessanter *Eigenschaften*. Zum einen kann ein Markt dezentral organisiert sein, das heißt, die Teilnehmer können über Kommunikationsdienste aus der Ferne ihre Gebote abgeben. Lokal und unabhängig getroffene Entscheidungen interagierender Individuen führen auf globaler Ebene zu einer *kohärenten Ressourcenallokation*, es findet also ein Abgleich individueller Anbieter- und Nachfragerinteressen statt. Zum anderen dient der Markt als *kollektives Anreizsystem* für alle Beteiligten zur individuellen Nutzen- oder Gewinnmaximierung. Ein Markt erfüllt daher eine *Vermittlerfunktion* zwischen Anbieter und Nachfrager und kann damit zahlreiche *Bündelungsaufgaben* erfüllen.



Ein **elektronischer Markt** (engl.: electronic market) ist eine rechnergestützte Plattform für den marktmäßig organisierten Tausch von Produkten und Dienstleistungen zwischen Anbietern und Nachfragern, die über Rechnernetze Zugang haben.

Elektronische Marktplätze unterstützen in vielen Branchen den Austausch verschiedenster Produkte und Dienstleistungen mit unterschiedlichen Akteuren. Es gibt sie im B2C-Bereich (beispielsweise Reise- und Hotelportale) und wesent-

lich häufiger im B2B-Bereich. Aus ökonomischer Sicht dient ein elektronischer Markt zur *Steigerung der Koordinationseffizienz*. Die Ursache dieser höheren Effizienz kann in einer Integration des elektronischen Markts in die IS-Infrastruktur der beteiligten *Betriebe*, in einer höheren Preistransparenz und einer normierenden Wirkung standardisierter Produktspezifikationen liegen. Von den dafür eingesetzten Informationssystemen wird ein hohes Maß an Zuverlässigkeit, Skalierbarkeit und Sicherheit erwartet. Abb. 6.9 gibt einen Überblick.

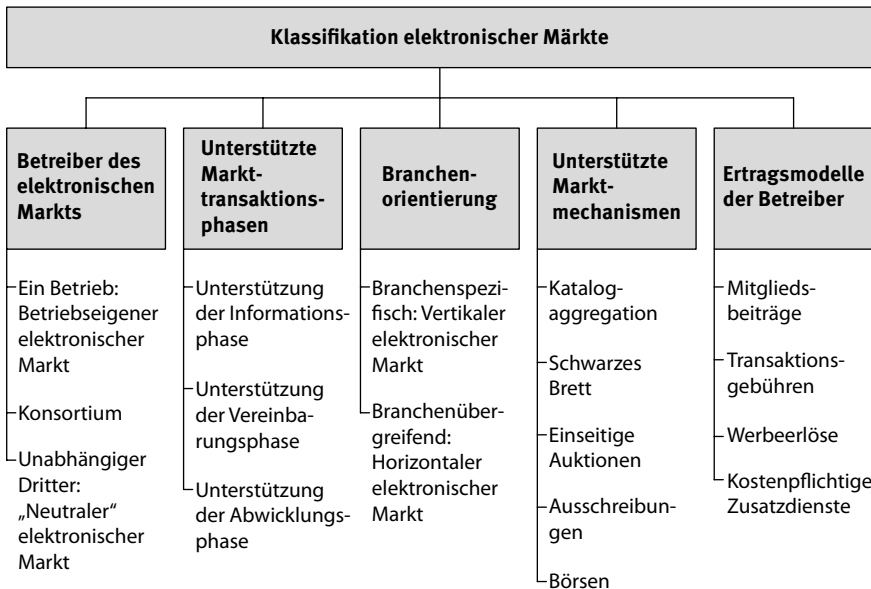


Abb. 6.9: Klassifikation Elektronischer Märkte

Es gibt verschiedene *Betreibermodelle* für elektronische Märkte. Es lassen sich neutrale, betriebeigene und konsortiengeführte elektronische Märkte unterscheiden. *Neutrale Marktplätze* werden von unparteiischen Dritten, beispielsweise einem Internet-Start-up-Unternehmen, betrieben, die weder die Interessen der Käufer noch jene der Verkäufer in den Vordergrund stellen. Andere Marktplätze werden typischerweise zu *Beschaffungs- beziehungsweise Distributionszwecken von einem oder mehreren großen Unternehmen* betrieben und stellen natürlich dessen oder deren Interessen in den Vordergrund. Solche Marktplätze werden entweder von einem Unternehmen (das Käufer oder Verkäufer auf dem Marktplatz ist) betrieben oder aber von einem Konsortium. *Konsortiengeführte Marktplätze* kommen vor allem im B2B-Bereich vor und werden auch als *Beschaffungsnetze* betitelt. Solche geschlossenen Gesellschaften von „Branchen-

größen“ bergen die Gefahr einer Kartellbildung. Es gibt aber auch konsortiengeführte Marktplätze, die jedem Interessierten offen stehen.

Zur Finanzierung der Marktplatzbetreiber finden sich unterschiedliche *Ertragsmodelle*. *Wertunabhängige Transaktionsgebühren* können zum Beispiel für das Einstellen einer Ausschreibung in den Markt oder für das Zustandekommen eines Vertrags anfallen. Diese Art von Gebühren ist relativ einfach zu erheben, weil sie nur Vorgänge betrifft, die in der Kontrolle des Marktplatzbetreibers liegen. *Wertabhängige Provisionen* für eine zustande gekommene Transaktion dagegen reflektieren den Wert eines Vertragsabschlusses. Transaktionsbezogene Ertragsmodelle haben den Vorteil, dass sie für die Nutzer nur dann Kosten verursachen, wenn tatsächlich Transaktionen getätigt werden. Sie stellen also keine Nutzungsbarriere für den Markt dar. Allerdings besteht die Gefahr, dass Anbieter und Nachfrager, wenn sie die Möglichkeit haben, Kaufabschlüsse direkt unter Ausschluss des Marktplatzes zu tätigen. Dies kann vor allem im B2B-Bereich vorkommen. *Mitgliedsbeiträge* haben den Vorteil, dass sie einfach kommuniziert und erhoben werden können. Sie helfen auch, das Problem der Umgehung bei transaktionsabhängigen Erträgen zu lösen. Allerdings verursachen Mitgliedsbeiträge den Teilnehmern Kosten, noch bevor es zu einem Kaufabschluss gekommen ist. Dies kann viele potenzielle Teilnehmer abschrecken, sodass die Mitgliederzahl dadurch „künstlich“ begrenzt wird.

Eine weitere Einteilung elektronischer Märkte kann nach der Art der gehandelten Güter beziehungsweise nach der *Branchenzugehörigkeit* vorgenommen werden. Auf einigen Marktplätzen werden Produkte gehandelt, die direkt in das Endprodukt des beschaffenden Betriebs eingehen beziehungsweise aus Konsumentensicht derselben Warengruppe angehören. Diese Produkte sind von Branche zu Branche verschieden. Solche Marktplätze werden auch als *vertikale Märkte* bezeichnet. Vertikale Marktplätze sind vor allem im B2B-Bereich zu finden. Es gibt aber auch branchenfokussierte Marktplätze für den B2C-Bereich, beispielsweise der österreichische Gebrauchtwagen-Marktplatz *Car4you*. Andere Marktplätze spezialisieren sich auf Güter, die in allen Branchen benötigt werden. Das sind in der Regel genormte, einfache Güter, im B2B-Bereich etwa Büroartikel, Schrauben oder Verpackungsmaterial. Produkte dieser Art sind meist nicht branchenspezifisch und werden von Lieferanten aller Branchen „horizontal“ vertrieben. *eBay* ist ein typischer horizontaler Marktplatz, hier werden Waren aller Art gehandelt.



Vertikale Marktplätze (engl.: vertical marketplace) sind auf die Bedürfnisse einer Branche ausgerichtet. Es werden also Produkte und Dienste für ausgewählte Zielgruppen, wie beispielsweise Chemie, Stahl oder Telekommunikation, angeboten. Hauptaufgabe ist der Handel

mit branchenspezifischen Produkten. **Horizontale Marktplätze** (engl.: horizontal marketplace) sind auf branchenübergreifende Produkte und Dienste fokussiert. Der am häufigsten realisierte Prozess ist die Beschaffung von Büroartikeln und Ersatzmaterial, oftmals auch als MRO-Artikel (Abkürzung von engl.: maintenance, repairs and operations) bezeichnet.

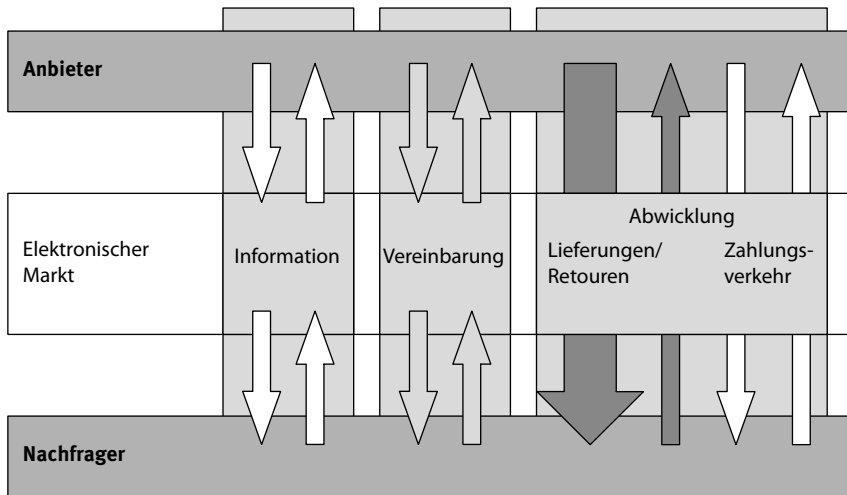


Abb. 6.10: Elektronischer Markt, der die Informations- und Vereinbarungsphase unterstützt

Elektronische Märkte können ferner nach dem Ausmaß der *Unterstützung von Markttransaktionen* klassifiziert werden (siehe Abb. 6.10). Viele Marktplätze unterstützen nur *einzelne Phasen oder Teilphasen der Markttransaktionen*. In diesem Fall spricht man von elektronischen Marktplätzen im weiteren Sinn.

Viele Websites unterstützen die Informationsphase, in der Information über Produkte, Dienstleistungen, Preise und entsprechende Anbieter oder Nachfrager ausgetauscht wird: Der potenzielle Käufer oder Verkäufer sendet eine Anfrage ab, die auf einer Liste publiziert wird. Hierbei wird zwischen folgenden *Anfragen* unterschieden, die, mit Ausnahme der Ausschreibungen, sowohl im B2B- als auch B2C-Bereich vorkommen können:

- *Aufforderung zu Preisangaben* (engl.: request for quotation): Die Anbieter werden aufgefordert, Offerten für exakt beschriebene und standardisierte Produkte (zum Beispiel Papier, Stahl) oder Dienstleistungen, die von einem anderen Unternehmen nachgefragt werden, abzugeben.
- *Beteiligung an Ausschreibungen* (engl.: request for proposal): Die Anbieter werden aufgefordert, Angebotsvorschläge zu Projekten, erklärungsbedürftigen Produkten oder Dienstleistungen (zum Beispiel spezielle maschinelle Anlagen, spezielle Angebotspakete) zu erstellen.

- *Kaufgebote* (engl.: request for bid): Hierbei werden die potenziellen Käufer aufgefordert, Kaufgebote für angebotene Produkte oder Dienstleistungen zu legen. Die Nachfrager müssen angeben, welchen Preis sie zu zahlen bereit sind. Alternativ kann der elektronische Marktplatz einem potenziellen Käufer ein Angebot übermitteln und fragen, ob dieser bereit ist, zu den angegebenen Konditionen den Kauf zu tätigen.

Ein grundlegendes Merkmal zur Klassifikation elektronischer Märkte ist *die Art, wie Preise und Konditionen in diesem Markt festgelegt werden*. So gibt es einerseits elektronische Märkte, die keinen Einfluss auf die Güterpreise nehmen beziehungsweise diese fix festlegen (*statische Preisbildung*) und solche, die das Zustandekommen von Preisen auf algorithmischem Wege bewirken, bei denen also Preise und Konditionen *dynamisch* (meist durch Auktionsmechanismen) festgelegt werden. In diesem Zusammenhang diskutieren wir im Folgenden Auktionssysteme, Ausschreibungssysteme und Börsensysteme.

6.3.2 Auktionssysteme

Auktionen sind im Einkauf und Verkauf ein wichtiges Instrument, mit dem die Preise von Gütern auf der Basis von Geboten dynamisch ermittelt werden. Sie werden als Dienstleistung von Online-Auktionshäusern und elektronischen Märkten im B2C- und im B2B-Bereich angeboten. Unternehmen mit einem anderen Geschäftszweck führen auch selbst Auktionen durch, um die Nachfrage zu stimulieren und um günstigere Preise zu erzielen. Ob durch Auktionen bei Standardprodukten für einen Anbieter höhere Einnahmen als über feste Katalogpreise erzielbar sind, ist jedoch eine offene Frage. Die *Vorteile einer elektronischen Auktion* liegen primär in der Unterstützung des Preisfindungsprozesses und in der technisch einfachen Realisierung.



Ein **Auktion** (Synonym: Versteigerung; engl.: auction) ist ein Verfahren für multilaterale Verhandlungen, bei dem die Preise und Konditionen für Produkte oder Dienstleistungen auf der Basis von Geboten der Auktionsteilnehmer zustande kommen. Eine *multilaterale Verhandlung* ist eine Verhandlung, an der mehr als zwei Parteien teilnehmen. Bei *Fernauktionen* (engl.: remote auction) können sich Bieter online über die Angebote informieren und online ihre Gebote abgeben.

Vier Auktionstypen dominieren in der Praxis: Die *englische Auktion*, die *Vickrey-oder Zweitpreisauktion*, die *holländische Auktion* und die *verdeckte Höchstpreisauktion*. Gemeinsames Anwendungsgebiet dieser Auktionstypen ist ein einzel-

ner Verkäufer, der ein Gut unter mehreren potenziellen Käufern versteigert. Der Ablauf einer einfachen Auktion teilt sich in drei Phasen:

- Der Auktionator startet die Auktion und nennt ein Ausgangsgebot.
- Die Bieter geben einmalig oder wiederholt Gebote ab.
- Der Auktionator beendet die Auktion und das beste Gebot erhält den Zuschlag.

Die Rollen von Käufer und Verkäufer sind dabei grundsätzlich austauschbar, alternativ kann auch ein einzelner Käufer im Rahmen einer Ausschreibung einen Vertrag unter mehreren Anbietern versteigern. Die oben genannten Auktionstypen unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Informationspolitik und ihrer Preisbildung. Die *Informationspolitik* entscheidet, ob die Gebote der Käufer offen oder verdeckt erfolgen.

Eine **offene Auktion** (engl.: open auction) ist eine Auktion, bei der die Bieter die Gebote ihrer Konkurrenten beobachten und darauf wechselseitig reagieren. Bei einer **verdeckten Auktion** (engl.: sealed auction) werden die Gebote verdeckt abgegeben, sodass die Mitbieter die anderen Gebote nicht kennen.



Bei der offenen Auktion nennen die Bieter aus strategischen Überlegungen nicht den von ihnen geschätzten Wert, sondern versuchen, einen möglichst geringen Preis relativ zu den Mitbietern zu erzielen. Bei einer verdeckten Auktion gibt jeder Bieter in der Regel genau ein Gebot ab. Durch eine verdeckte Auktion werden die Bieter angehalten, ihre echte Wertschätzung (den Preis, den sie bereit sind zu zahlen) auch zu nennen, da sie nicht nachbessern können.

Die *Preisbildung* entscheidet, welchen Preis der Auktionsgewinner zu zahlen hat.

Bei **Höchstpreisauktionen** (engl.: first-price auction) zahlt der Auktionsgewinner einen Betrag in Höhe seines Gebots, bei **Zweitpreisauktionen** (engl.: second-price auction) hingegen nur in Höhe des zweithöchsten Gebots.



Aus diesen Ausgestaltungsmöglichkeiten haben folgende Auktionsformen unter eigenen Bezeichnungen weite Verbreitung gefunden (siehe Abb. 6.11).

Eine **englische Auktion** (engl.: English auction, open ascending price auction) ist eine offene Höchstpreisauktion, bei der von einem festgesetzten Mindestpreis nach oben gesteigert wird.



Die englische Auktion ist die häufigste Form von Auktionen. Wenn über eine Auktion keine weitere Information vorliegt, handelt es sich mit großer Wahrscheinlichkeit um eine englische Auktion. Dabei versuchen die Interessenten, ausgehend von einem Mindestangebot, sich nach und nach in Stufen gegenseitig zu überbieten. Den Zuschlag erhält der Bieter, der am Ende den höchsten Preis geboten hat.

! Eine **holländische Auktion** (engl.: Dutch auction, open descending price auction) ist eine offene Auktion, bei der ein Auktionator einen hohen Ausgangspreis nennt und diesen Schritt für Schritt reduziert, bis einer der Bieter die Auktion unterbricht. Dieser Bieter erhält den Zuschlag und bezahlt den letztgenannten Preis.

Diese Auktionsform führt sehr schnell zu Ergebnissen und eignet sich deshalb vor allem für Produkte, die schnell umgeschlagen werden müssen (Blumen, Fisch, Restposten, Tickets usw.).

Ein Problem bei den offenen Auktionsformen ist, dass diese zu einem spekulativen Bietverhalten verleiten. Beispielsweise nennt bei einer englischen Auktion ein „kluger“ Bieter nicht einen Wert, der nach seiner Einschätzung dem Marktwert entspricht, sondern einen möglichst niedrigen Wert, zu dem er hofft, das Gut zu erstehen. Er möchte somit eine möglichst hohe Konsumentenrente (engl.: consumer surplus) erzielen. Die Konsumentenrente ist die Differenz aus dem Preis, den der Konsument für ein Gut zu zahlen bereit ist (Reservationspreis) und dem Marktpreis. Ein Verfahren, das darauf abzielt, dass die Käufer ihre echte Werteinschätzung als Angebot abgeben, ist die *Vickrey-Auktion* (benannt nach William Vickrey, dem Nobelpreisträger 1996 für Wirtschaftswissenschaften).

! Die **Vickrey-Auktion** (engl.: Vickrey auction) ist eine verdeckte Zweitpreisauktion, bei der der Auktionsgewinner einen Betrag in Höhe des zweithöchsten Gebots zahlt.

Bei dieser Auktionsform gibt es nur eine einzige Bietrunde. Den Zuschlag erhält der Bieter, der das höchste Angebot gelegt hat, dieser muss jedoch nur den Betrag des zweithöchsten Gebots bezahlen. Ist ein Gut bei vielen Interessenten sehr begehrt, wird das zweithöchste Gebot nahe beim Höchstgebot liegen und die Konsumentenrente ist somit relativ gering. Dieses Verfahren kommt innerhalb von kurzer Zeit zu einer relativ gerechten Preisbildung.

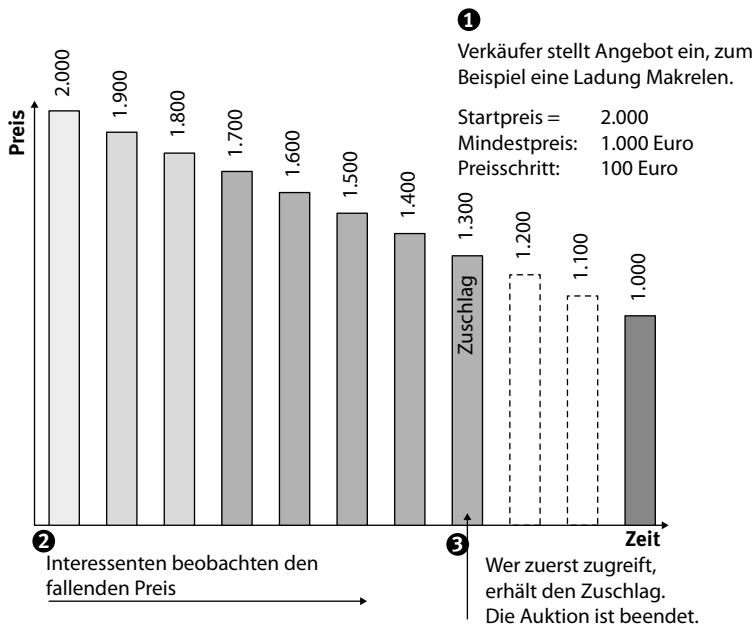
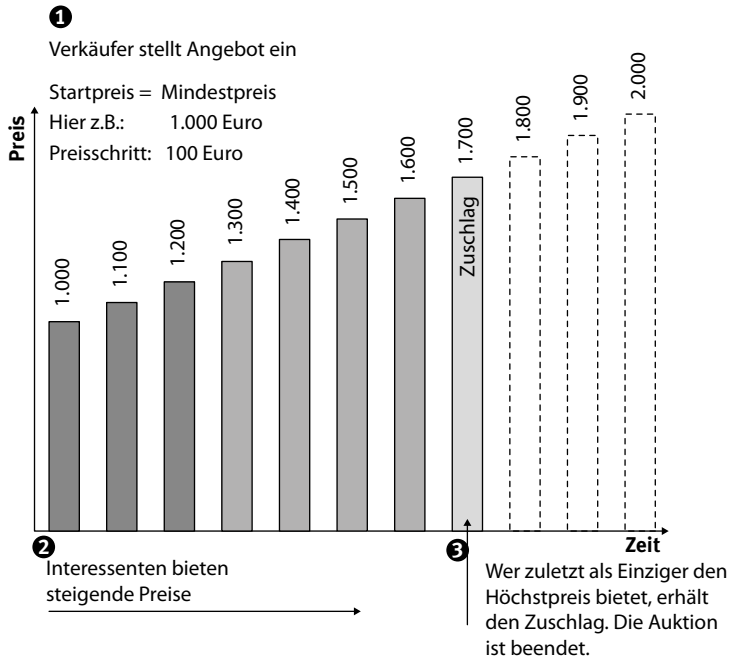


Abb. 6.11: Englische Auktion (oben) und Holländische Auktion (unten)

B

Das weltweit größte Internet-Auktionshaus ist *eBay*. 1995 zum Austausch von Sammlerartikeln gegründet, hat sich eBay zu einem der größten elektronischen Märkte für den Verkauf von Gütern aller Art entwickelt. Jeden Tag werden in Tausenden von Kategorien Millionen von Artikeln angeboten. Aktuell sind insgesamt 1,1 Milliarden Artikel gelistet. 81% sind Neuware. Außer Online-Auktionen (geringfügig modifizierte Vickrey-Auktionen) ermöglicht eBay auch den Handel zu Festpreisen. Dabei kann der Verkäufer entweder das Auktionsformat mit einer „Sofort-Kaufen“-Option kombinieren oder aber seinen Artikel ausschließlich zu einem reinen Festpreis anbieten. Weltweit nutzen fast 178 Millionen eBay-Mitglieder den elektronischen Marktplatz zum Kaufen und zum Verkaufen und handeln dabei jährlich Waren und Dienstleistungen im Wert von mehr als 88 Milliarden US-Dollar. In Deutschland zählt eBay 17 Millionen aktive Nutzer. 40% der Käufe werden mobil getätigt (Quelle: eBay, Stand: 2018).

6.3.3 Ausschreibungssysteme

Im betrieblichen Beschaffungsbereich werden vielfach auch *Ausschreibungsverfahren* unterstützt.

!

Eine **Ausschreibung** (engl.: call for bids; tendering) ist ein Verfahren zur Ermittlung des Angebotspreises als Vorbereitung zur Vergabe eines Auftrags im Rahmen eines Wettbewerbs. Eine Ausschreibung ist die Kundmachung eines Kaufinteresses, durch das potenzielle Anbieter aufgefordert werden, Angebote zur Erbringung einer bestimmten, möglichst genau beschriebenen Leistung abzugeben.

An einer *öffentlichen Ausschreibung* kann sich jeder Anbieter, der die Mindestvoraussetzungen erfüllt, beteiligen. In eine *beschränkte Ausschreibung* werden nur bestimmte Anbieter einbezogen, von denen der Auftraggeber annimmt, dass sie zur Auftragserfüllung (besonders gut) in der Lage sind. Ausschreibungen sind in vielen Ländern für öffentliche Auftraggeber ab einer bestimmten Auftragssumme gesetzlich vorgeschrieben, sie werden aber auch von vielen Privatunternehmen bei größeren Aufträgen verwendet.

Ähnlich wie bei Einkaufsauktionen versuchen auch hier Käufer, einen Vertrag unter mehreren potenziellen Lieferanten zu versteigern. Allerdings können Lieferanten eine Reihe von Produktbeschreibungen und Dokumenten elektronisch ihrem Angebot beifügen. Dies ist vor allem bei der Beschaffung komplexer Güter und Dienstleistungen wichtig, bei denen sich die Angebote der Lieferanten nicht völlig vereinheitlichen lassen.

Eine spezielle Form einer Ausschreibung ist die **umgekehrte Auktion** (engl.: reverse auction), bei der der Käufer die gesuchte Leistung ausschreibt und die Anbieter die Gebote ihrer Konkurrenten sehen und diese unterbieten können. Das innerhalb des vorgegebenen Zeitintervalls niedrigste Angebot erhält den Zuschlag.



Die umgekehrte Auktion ist somit eine offene Auktion, während bei einer Ausschreibung meist die Angebote verdeckt abgegeben werden und erst – wenn überhaupt – bei der Zuschlagsverlesung kundgemacht werden.

6.3.4 Börsensysteme

Eine **Börse** (engl.: exchange) ist ein organisierter Markt für Wertpapiere, Devisen, bestimmte Produkte (beispielsweise Weizen, Diamanten, Edelmetalle), Dienstleistungen (beispielsweise Frachten, Versicherungen) und ihre Derivate. Makler (Kursmakler) stellen während der Handelszeiten Preise (Kurse) fest, die sich aus den bei ihnen vorliegenden Kauf- und Verkaufsaufträgen ergeben. Bei *elektronischen Börsen* wird die Maklerfunktion durch einen Auktionsmechanismus von einem Computerprogramm übernommen.



Auktionsbörsen, auch *zweiseitige Auktionen* genannt, kommen für polypolistische Märkte, also Märkte mit vielen Anbietern und vielen Nachfragern, in Betracht. Beide Marktseiten besitzen symmetrische Handlungsmöglichkeiten, indem Nachfrager Kaufofferten und Anbieter Verkaufsofferten abgeben. Die gehandelten Güter sind nicht präsent und müssen deshalb eine gleichwertige, standardisierte Beschaffenheit aufweisen (fungible Güter).

Die zehn größten Börsen der Welt sind NYSE, BATS Global Markets und Nasdaq (alle USA), Shenzhen Stock Exchange und Shanghai Stock Exchange (beide China), Japan Exchange Group Inc. (Japan), BATS Chi-X Europe und LSE Group (beide Großbritannien), Euronext (internationaler Zusammenschluss) und Korea Exchange (Südkorea). Die Deutsche Börse AG, der die Frankfurter Wertpapierbörse, Xetra und Eurex gehören, liegt auf Platz 12, die Wiener Börse auf Platz 37. (Quelle: Hello bank!, März 2017)



Bei einer **verdeckten zweiseitigen Auktion** (engl.: clearinghouse auction) geben nach Auktionsstart sowohl Anbieter als auch Nachfrager verdeckt ihre Offerten ab. Nach Ende der Bietphase werden die Offerten in Transaktionen überführt. Hierzu werden die Offerten der Anbieter in aufsteigender Reihenfolge und die Offerten der Nachfrager in absteigender Reihenfolge in Vektoren geordnet. Diese Vektoren werden als diskrete Angebots- und Nachfragekurve interpretiert, wobei die Bieter so zusammengeführt werden, dass der Umsatz maximiert wird.



Als Transaktionspreis wird in der Regel ein für alle Transaktionen einheitlicher Wert gewählt.



Bei einer **kontinuierlichen zweiseitigen Auktion** (engl.: continuous double auction) werden Offerten der Anbieter und Nachfrager kontinuierlich zusammen geführt, wodurch ständig ein neuer Kurs gebildet wird. Diese Form der Auktion entspricht der *variablen Notierung* auf Wertpapierbörsen.

Oft kommen auf Börsen *Kauftransaktionen auch mit dem Marktplatzbetreiber als Zwischenhändler* vor, sodass beide Parteien den endgültigen Käufer beziehungsweise Verkäufer nicht kennen. Für die Vertragsparteien entfällt dadurch das Risiko der Nichterfüllung der anderen Partei. Diese Anonymisierung auf Börsen eröffnet zahlreiche Möglichkeiten für zusätzliche Dienste. Es können Restmengen vermarktet werden, ohne bestehende Absatzkanäle zu gefährden. Die Marktbetreiber können eine Bonitätsprüfung der Teilnehmer durchführen lassen, um einen reibungslosen Geschäftsablauf zu garantieren. *Vorteile von Börsen* sind die anonyme Marktteilnahme, die Unterstützung des Preisfindungsprozesses und die hohe Flexibilität bei den Transaktionen.

6.4 Kundenbeziehungsmanagementsysteme (CRM-Systeme)



Ein **Kundenbeziehungsmanagementsystem** (engl.: customer relationship management system, Abkürzung: CRM) ist ein beziehungsorientiertes, von einem Betrieb hierarchisch gesteuertes Marketinginformationssystem. Es unterstützt kundenbezogene Geschäftsprozesse auf allen Ebenen und in allen Phasen. Nach Möglichkeit werden sämtliche Kanäle zur Kundenkommunikation (TV, Radio, Telefon, gedruckte Kataloge, persönlicher Verkauf, Webaufttritt, E-Mail usw.) integriert. Zielgruppen können sowohl Privatkunden (B2C) als auch Geschäftskunden (B2B) sein.

Die heutigen globalen Märkte sind vielfach durch ein Überangebot an Gütern gekennzeichnet. In vielen Branchen hat sich die Marktmacht zunehmend vom Anbieter zum Nachfrager verlagert, das heißt der Wandel vom Verkäufer- zum Käufermarkt ist längst vollzogen. Der Kunde bestimmt, wann und wie er mit seinen Lieferanten in Verbindung treten will. Neben den Produktmerkmalen und dem Preis gewinnt besonders die *Servicequalität* an Bedeutung. Diese umfasst beispielsweise einfache und eindeutig definierte Kontaktschnittstellen, Kundendienst rund um die Uhr sowie aktive und individuelle Ansprache und Betreuung.

Die Gewinnung eines Neukunden bedeutet einen wesentlich höheren Aufwand als das Halten eines bestehenden Kunden. Diesem Umstand trägt das Kundenbeziehungsmanagement Rechnung und stellt den *Kunden in den Mittelpunkt*. Das Leistungsangebot soll auf die Kunden abgestimmt sein und die Geschäftsbeziehungen sollen möglichst leicht gemacht werden. Die Kunden sollen die Möglichkeit haben, jederzeit über zahlreiche Kommunikationskanäle – das Internet, Call-Center, Außendienst, Händler und Partnernetzwerke – mit dem Anbieter zu kommunizieren. Egal, welchen Weg die Kunden wählen – sie sollen stets das Gefühl haben, es mit einer einzigen, einheitlichen Organisation zu tun haben, die sie kennt und die auf ihre Bedürfnisse eingeht.

Basis für eine individuelle oder kundengruppenbezogene (marktsegment-spezifische) Ausgestaltung der einzelnen Marketingmaßnahmen sind die *Kundenprofile*.

Ein **Kundenprofil** (engl.: customer profile) beinhaltet die Gesamtheit der Eigenschaften, die typisch für den Kunden und relevant für die Geschäftsbeziehung sind. Dazu zählen allgemeine personenbezogene Daten (Name, Anschriften usw.), demografische Daten (Geschlecht, Alter, Familienstand, Nationalität usw.), sozioökonomische Daten (Einkommen, Beruf, Ausbildung, soziale Herkunft usw.), psychografische Daten (Interessen, Lifestyle, Persönlichkeitstyp, Risikobereitschaft usw.), Kaufverhaltensdaten (Transaktionshäufigkeit, Umsatzvolumina, Preis-sensibilität usw.) sowie der Kundenwert.



Nach den im deutschsprachigen Raum geltenden Datenschutzgesetzen dürfen personenbezogene Daten für Kundenprofile nur erhoben, verarbeitet und genutzt werden, wenn die Betroffenen vorher eingewilligt haben. Bei der Einholung der *Einwilligung* müssen die Betroffenen schriftlich über die vorgesehenen Zwecke der Datenverwendung, die Folgen der Verweigerung und die Widerrufsmöglichkeit der Einwilligung informiert werden.

Der *Kundenwert* wird durch die Betrachtung der Kundenbeziehung in Relation zu anderen Kundenbeziehungen ermittelt (zum Beispiel durch Customer-Lifetime-Value-Analyse, ABC-Klassifikation, Portfolioanalyse). Die *Bildung von Kundensegmenten* erfolgt in der Regel mittels statistischer Verfahren wie der Faktorenanalyse (Reduzierung einer Vielzahl von Variablen zu möglichst wenigen voneinander unabhängigen Einflussfaktoren) oder der Clusteranalyse (Identifikation und Extraktion von möglichst homogenen Kundengruppen aus einer heterogenen Stichprobenauswahl).

6.4.1 Bausteine einer rechnergestützten CRM-Lösung

Die *Haupteinsatzgebiete von Kundenbeziehungsmanagementsystemen* liegen in der weitgehenden Automatisierung der Bereiche Kommunikation, Verkauf und Service. Umfassende Lösungen zeichnen sich dadurch aus, dass sie alle Marketinginstrumente gleichermaßen gut abdecken, alle relevanten Kontaktkanäle unterstützen und in die IT-Unternehmensinfrastruktur integriert sind. Entsprechend sollten Kundenbeziehungsmanagementsysteme Schnittstellen zu weiteren innerbetrieblichen und zwischenbetrieblichen IS-Komponenten eines Betriebs besitzen.

In einem Kundenbeziehungsmanagementsystem werden die in den operativen Datenbanken gespeicherten Kunden- und Kontaktdaten extrahiert, bedarfsgerecht aufbereitet und in ein *Data-Warehouse* übertragen, das zur kundenbezogenen Entscheidungsunterstützung von Fach- und Führungskräften aller Bereiche und Ebenen dient. Während bei operativen Datenbanken die effiziente, transaktionsorientierte Abwicklung des Tagesgeschäfts im Vordergrund steht, erfolgt im Data-Warehouse eine Konzentration auf die Aufbereitung und Abfragemöglichkeit nach inhaltlichen Themenschwerpunkten. In Kapitel 7 gehen wir näher auf die Architektur eines Data-Warehouse ein. Die Abb. 6.12 zeigt Ihnen die *Komponenten einer rechnergestützten CRM-Lösung*.

Die Schnittstelle zum Kunden wird als *kommunikatives CRM* bezeichnet. Hierfür werden verschiedene Kommunikationskanäle genutzt, die neben klassischen Medien (persönlicher Kontakt, Telefon, Werbebriefe, Postwurfsendungen, Printmedien, TV und Radio) auch Internet-Dienste wie E-Mail, Postlisten und Diskussionsforen, Konsumenteninformationssysteme und zwischenbetriebliche Informationssysteme umfassen. Das sogenannte *operative CRM* unterstützt die Automatisierung von Marketingmaßnahmen, insbesondere die Kommunikation, den Verkauf und den Kundendienst.

Die Informationsbasis für diese gezielten Marketingmaßnahmen liefert das *analytische CRM* mittels vorgefertigter analytischer Methoden zur Auswertung der im Data-Warehouse gespeicherten Kundendaten. Die Kundendaten werden durch die Transaktionssysteme, die Rückmeldungen der Kunden und die Marktforschung gewonnen. Die Auswertung der Kundendaten mittels Abfrage- und Berichtssystemen, Datenanalyse- und Data-Mining-Techniken (siehe Kapitel 7) unterstützt die Marktsegmentierung, Kundendifferenzierung oder -individualisierung.

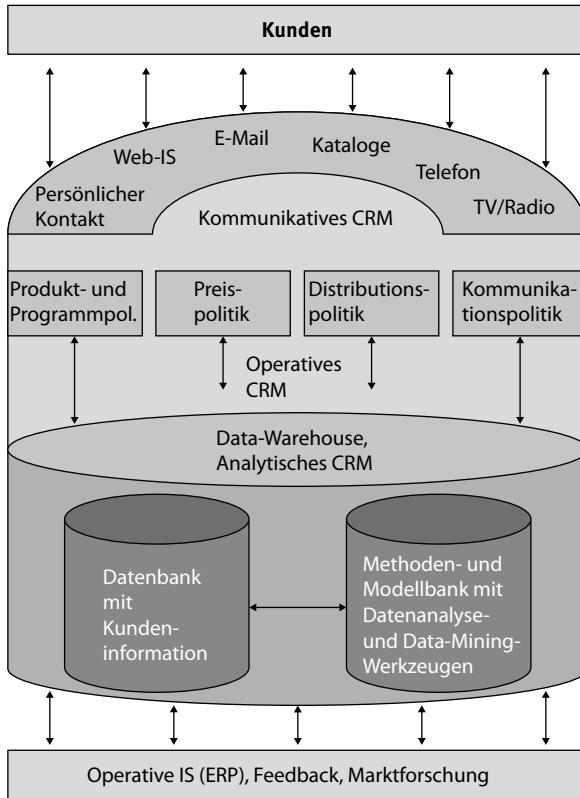


Abb. 6.12: Komponenten eines CRM-Systems

6.4.2 Gewinnung von Kundendaten

Die Basis eines CRM-Systems sind die *Kundendaten*, die aus den operativen Informationssystemen (ERP), durch Feedback der aktuellen und potenziellen Kunden sowie durch Marktforschung gewonnen werden. Die *Marktforschung* dient zur Erhebung und Auswertung von Information über die Marktpartner (Kunden, Konkurrenten, Lieferanten usw.) und die Marktentwicklung, wobei vornehmlich Kundengruppen untersucht werden. Diese Marktdaten können selbst erhoben oder von Dritten (insbesondere Marktforschungsinstituten) zugekauft werden. Wir betrachten hier nur, wie *außenwirksame Informationssysteme für Marktforschungszwecke* eingesetzt werden können. Neben der Möglichkeit, das Internet als Befragungsmedium zu nutzen, sind auch verschiedene Formen der Beobachtung möglich, die das Interaktionsverhalten von Besuchern

im Internet-Angebot systematisch analysieren, um daraus Rückschlüsse auf Kundeninteressen und -bedürfnisse zu ziehen.

Transaktionssysteme und Rückkopplung stellen die primären Informationsquellen für die Kundenprofile dar. Die betrieblichen Transaktionssysteme, insbesondere die Teilsysteme für den *Verkauf*, die *Auftragsverwaltung*, die *Finanzbuchhaltung* und die *Instandhaltung*, bieten detaillierte Absatz- und Zahlungsdaten der Kunden sowie die Installations-, Reparatur- und Wartungsdaten ausgelieferter Geräte und Programme. Diese werden ergänzt durch die *Rückkopplung von Kunden und Interessenten*, die sich durch Beratungsgespräche, Briefe, Beschwerden, telefonische Anfragen, Empfehlungssysteme, E-Mail-Anfragen, Rückrufrdienste, Feedback-Formulare, Diskussionsforen und virtuelle Gemeinschaften ergibt.

Internet-basierte Befragungen können mittels *E-Mail-Befragung*, *Befragung durch Newsgroups* oder *Online-Fragebögen im Web* durchgeführt werden. In allen Fällen besteht der *Vorteil*, dass die von den befragten Personen angegebenen Daten in elektronischer Form vorliegen und keiner separaten Eingabe bedürfen. Weitere Vorteile sind die rasche Durchführbarkeit, die jederzeitige Verfügbarkeit von Zwischenergebnissen und der Ausschluss eines möglichen Interviewereinflusses. Dem steht die generelle Problematik der *Repräsentativität* der Stichprobe gegenüber. Die Stichprobe einer Internet-basierten Befragung kann stets nur für den Personenkreis mit Zugang zum Internet repräsentativ sein. Zusätzlich stellt sich das Problem der *Selbstselektion*, das heißt, dass nicht beeinflusst werden kann, wer den Fragebogen ausfüllt, was das Problem der Repräsentativität weiter verschärft. Daher ist bei Online-Befragungen regelmäßig mit einer Verzerrung zu rechnen. Bei Internet-basierten Befragungen kann darüber hinaus zwischen *Ad-hoc-Befragungen* und wiederkehrenden Befragungen, sogenannten *Panels*, unterschieden werden. Durch Panels können Trends und Entwicklungen im Zeitablauf analysiert werden.



Unter einem **Panel** (engl.: panel) versteht man eine in regelmäßigen Zeitabständen wiederholte Befragung derselben Zielpersonen.

Internet-basierte Beobachtungen werden ohne ein Zutun oder eine explizite Zustimmung der Betroffenen vorgenommen. Bei dieser Vorgangsweise werden die *Protokolldateien* (engl.: log file), welche die Nutzung von Webservern protokollieren, als Informationsquelle genutzt. Zusätzlich können verschiedene Techniken wie etwa *Cookies* eingesetzt werden, um das Wiedererkennen von Benutzern auf einem Webangebot zu erleichtern.

Die Protokolldateien werden von einem Webserver meist in standardisierter Form abgelegt und enthalten beispielsweise Angaben zur IP-Adresse des Clients,

des Zugriffszeitpunkts, der abgerufenen Webseite, der übertragenen Datenmenge oder die Angabe der Webseite, von der auf die nachgefragte Seite verwiesen wurde (engl.: *referrer*). Aus der Protokolldatei können somit die Kennzahlen der *Nutzungsfrequenz einer Website*, wie beispielsweise die *Anzahl der betrachteten Webseiten* (engl.: *page impression*) und die *Verweildauer* pro Webseite oder Website, die *Anzahl der Besuche* (engl.: *visit*) und der *Anzahl der Besucher* (engl.: *visitor*) pro Zeiteinheit ermittelt werden.

Neben dieser standardisierten Information kann ein Webserver auch anwendungsabhängige Protokolldateien anlegen. Eine mögliche Informationsquelle sind Cookies, die beispielsweise für Session-IDs oder Benutzer-IDs verwendet werden können. *Cookies* sind kleine Textdateien, die vom Webserver vergeben und vom Webbrowser auf der Festplatte des Benutzerrechners gespeichert werden. Bei späteren Anfragen werden die Cookies automatisch vom Browser wiederum an den Server übertragen, der diese dann auswerten kann. Anhand einer *Session-ID* können leicht die Anfragen eines Benutzers während einer Sitzung als zusammenhängend erkannt werden, anhand einer *Benutzer-ID* kann ein Benutzer wieder erkannt werden, ohne dass sich der Benutzer bei der Website registriert hat.

Die Herausforderung bei der Nutzung dieser Techniken besteht darin, dass Protokolldateien oft keine verlässliche Information über den Benutzer beinhalten, da IP-Adressen meist dynamisch vergeben werden. Der Einsatz von Cookies wird von Internet-Benutzern häufig mit Skepsis betrachtet, da sie kein Interesse haben, auf diese Weise beobachtet zu werden. Die gängigen Webbrowser ermöglichen eine Deaktivierung von Cookies oder die Ausgabe von Warnungen, falls von einer Website ein Cookie eingetragen werden soll. Eine *Benutzerregistrierung* sollte sowohl im B2C- als auch im B2B-Bereich einen erkennbaren Nutzen bieten, da andernfalls für den Benutzer kein Anreiz besteht, sich zu registrieren. Dies setzt wiederum eine Berücksichtigung durch die Marketingpolitik bei außenwirksamen Informationssystemen voraus.

6.4.3 Nutzung von Kundendaten

Operatives CRM (engl.: *CRM operations*) dient dazu, innerhalb des durch strategische Entscheidungen festgesetzten Aktionsraums automatisch die dem jeweiligen Kunden(-segment) am besten entsprechenden operativen Marketingentscheidungen zu treffen. Die Rechnerunterstützung bezieht sich auf alle Phasen der Kundenbeziehung; Schwerpunkte sind die Kundenakquisition (Kommunikationspolitik), der Verkauf (Distributionspolitik) und der Kundendienst.



Strategische Grundsatzentscheidungen über die Marktabgrenzung, die Marktsegmentierung, das anzubietende Sortiment (Produktprogramm), das Preis- und Rabattsystem, die Art der Absatzkanäle, die Absatzmittler und Absatzhelfer usw. bestimmen den *Aktionsraum des operativen CRM*. Bei einer Interaktion mit dem Kunden erfolgt die automatisierte Auswahl der unter den gegebenen Umständen (strategischer Rahmen, Kundenprofil, Interaktionsphase und -inhalt) optimalen Handlungsweise.

B

Wenn zum *Beispiel* der Benutzer Gustaf Neumann den *Webshop unseres Beispiel-Lebensmittelfilialbetriebs* anwählt und sich identifiziert, so kann er mittels der *operativen CRM-Funktionen* einen personalisierten Produktkatalog präsentiert bekommen. Auf der Startseite stehen an prominenter Stelle die Warengruppen, die Herr Neumann besonders schätzt. Da das System von früheren Besuchen oder Bestellungen Herrn Neumanns Vorliebe für trockene Rotweine aus dem Umland von Carnuntum kennt, werden Banner oder sonstige Werbemittel mit den entsprechenden Werbebotschaften eingeblendet. Wenn Herr Neumann Empfehlungssysteme benutzt, finden ebenfalls seine Präferenzen Eingang. Ein Avatar kann durch eine persönlich gehaltene Vorspanntechnik oder Eisbrecherfragen den Boden für ein erfolgreiches Verkaufsgespräch ebnen. Die jeweils angegebenen Preise, Rabatte und Boni entsprechen der Kundenkategorie und dem aktuellen Auftragsvolumen. Bei der Bestellung, Bezahlung und Zustellung der Waren wird ebenfalls auf die Merkmale des Kunden Rücksicht genommen. Das System weiß etwa, dass Herr Neumann stets mit seiner Visa-Card bezahlt und erspart ihm das mühselige Eintippen der Kreditkarteninformation. Es weiß, dass Herr Neumann immer erst sehr spät abends von der Universität nach Hause kommt und schlägt ihm dementsprechend eine nahe gelegene Nachttankstelle als Abholpunkt vor. Bei Verkaufsförderungsmaßnahmen (Verkostungen) für Wein wird Herr Neumann durch einen persönlich gehaltenen Serienbrief eingeladen. Ferner wird ihm das Gratisabonnement eines Newsletters angeboten, in dem er über neue, seinem Geschmack entsprechende Produkte, Sonderangebote und Empfehlungen von Sommeliers und Wein-Guides informiert wird. Bei Anfragen und Reklamationen, egal ob per konventioneller Briefpost, E-Mail, Telefon oder persönlich am Verkaufsort, kann der Kontaktpartner im Lebensmittelfilialbetrieb „auf Knopfdruck“ feststellen, dass es sich bei Herrn Neumann um einen langjährigen, potenten Kunden handelt, der möglichst zuvorkommend behandelt werden sollte.

6.5 Konsumenteninformationssysteme (E-Commerce im B2C-Bereich)

Ein Konsumenteninformationssystem ist ein Informationssystem, dessen primäre Benutzergruppe Verbraucher (Privathaushalte) sind. Wir betrachten hier nur betriebliche Konsumenteninformationssysteme auf der Basis des Internets. Sie dienen zur interaktiven Kommunikation eines Betriebs mit potenziell Tausenden, Hunderttausenden oder Millionen *privater* Kunden beziehungsweise Interessenten, mit denen unter Umständen bisher noch keine oder nur sehr

lose gelegentliche Kontakte bestehen. Sind die Benutzer bekannt, so können die CRM-Methoden zum Einsatz kommen, die Sie im Abschnitt 6.4 kennengelernt haben.

Ein **Konsumenteninformationssystem** (engl.: consumer information system) ist ein geschäftsfallbezogenes oder beziehungsorientiertes, von einem Betrieb hierarchisch gesteuertes Marketinginformationssystem, das sich an Konsumenten beziehungsweise Privatkunden richtet (B2C). Umfassende Konsumenteninformationssysteme unterstützen die konsumentenbezogenen Geschäftsprozesse auf allen Ebenen und in allen Phasen. Es gibt jedoch auch häufig solche Systeme, die nur für die Informationsphase Unterstützung bieten. Ein Internet-basiertes Konsumenteninformationssystem wird als Portal realisiert.



Die *Benutzung* eines Konsumenteninformationssystems erfolgt vom Verbraucher typischerweise zu Hause oder unterwegs, gelegentlich – wenn auch vom Arbeitgeber meist nicht erwünscht – am Arbeitsplatz. Die Benutzer sind räumlich weit gestreut, das heißt regional, national oder sogar global verteilt. Durch Konsumenteninformationssysteme können Unternehmen, Behörden und sonstige Non-Profit-Organisationen (Abkürzung: NPO) die Beziehungen zu ihren Kunden anbahnen, sichern und ausschöpfen. Je nach Betriebstyp und Bedingungs-lage stehen dabei unterschiedliche Zwecke im Vordergrund. Wir konzentrieren uns vor allem auf Unternehmen, die auf diesem Wege ihre Produkte und Dienstleistungen vermarkten wollen. Dies verdeutlicht Abb. 6.13, welche die möglichen *Nutzeffekte eines Konsumenteninformationssystems aus Anbieter-sicht* mit Blick auf Umsatzsteigerung und Kostensenkung hervorhebt.

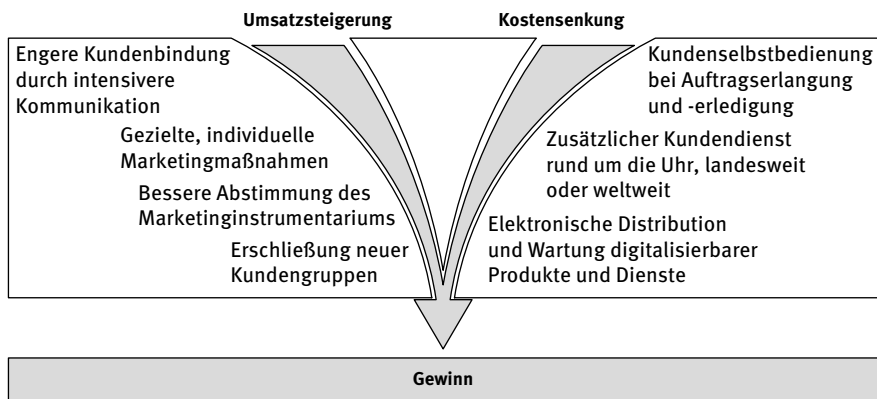


Abb. 6.13: Nutzeffekte eines Konsumenteninformationssystems

Bei der *Gestaltung eines Konsumenteninformationssystems* muss ein Unternehmen festlegen, welche Produkte und Dienstleistungen angeboten werden sollen (*Produktpolitik*) und wie diese zu einer attraktiven, zum Kauf anregenden Gesamtheit zusammengestellt werden können (*Programmpolitik*). Die *Preispolitik* beinhaltet Überlegungen zur Preisfindung, Preisdifferenzierung, Preisbündelung, Abgeltung von Zusatzleistungen und Gewährung von Rabatten. Die *Distributionspolitik* umfasst Entscheidungen über den Akquisitionskanal und den Logistikkkanal. Der Akquisitionskanal dient zur Anbahnung von Kundenkontakten, zum Verkauf und zur Bezahlung der Güter (direkt oder indirekt über Absatzmittler). Über den Logistikkkanal gelangt die Ware zum Kunden, das heißt, hier geht es um die Gestaltung des physischen Warenflusses und des entsprechenden Informationsflusses. Die *Kommunikationspolitik* dient zur zielgerichteten Information der (potenziellen) Kunden und sonstiger relevanter Gruppen über das Angebot und das Unternehmen als Ganzes. Wichtigste Instrumente sind die Werbung, Verkaufsförderung, Öffentlichkeitsarbeit, Direktmarketing und virtuelle Gemeinschaften.

In den folgenden Ausführungen gehen wir auf diese vier Marketingmaßnahmen und ihre IT-Unterstützung im Rahmen von Konsumenteninformationssystemen näher ein. Wir verwenden dabei das grundlegende Vokabular aus dem Marketingstandardwerk von Nieschlag, Dichtl, Hörschgen (2002).

6.5.1 Produkt- und Programmpolitik und ihre IT-Unterstützung



Die **Produktpolitik** (engl.: product policy) umfasst alle Maßnahmen, die sich auf die Produktauswahl und -gestaltung, Markenwahl, Verpackung sowie kauf- und nutzungsbezogene Dienstleistungen beziehen. Die **Programmpolitik** (Synonym: **Sortimentspolitik**; engl.: program policy, assortment policy) beinhaltet Entscheidungen über die programmpolitische Grundorientierung, die Sortimentsbreite (Zahl der geführten Produkte) und die Sortimentstiefe (Zahl der Produktvarianten innerhalb der Produktlinien).

Die Produktpolitik beginnt mit der *Produktauswahl*. Für den Internet-Vertrieb geeignet sind insbesondere digitale Güter wie Musik und Filme, standardisierte Produkte wie Bücher und Unterhaltungselektronik sowie Massen- und Routine-dienstleistungen wie zum Beispiel die Buchung von Flügen, Bahnfahrten oder Hotelübernachtungen. Das in der EU-Fernabsatzrichtlinie geregelte, konsumentenfreundliche *Widerrufs- und Rückgaberecht* (Näheres folgt) kann allerdings dazu führen, dass die Verbraucher der Beurteilung der sinnansprechenden Eigenschaften vor dem Kauf weniger Gewicht beimessen, da sie neue Waren ohne Begründung innerhalb von 14 Werktagen nach Eingang der Ware zurücksenden

können. Sie haben höchstens die Kosten für die Rücksendung zu tragen. Vor allem bei hochpreisigen Produkten dienen Konsumenteninformationssysteme oft primär zur *Information über die Produkteigenschaften und den Preisvergleich*, während die Kaufverhandlungs- und -abschlussphase in einer realen Verkaufsstätte (Einzelhandelsfiliale, Reisebüro usw.) stattfindet. Beispiele sind etwa der Verkauf von PKW und Immobilien, die Gewährung von Krediten und der Abschluss von komplexen Versicherungen.

Die *Sortimentsgestaltung* wird von Konsumenteninformationssystemen unterstützt. Da die Produkte nicht physisch, sondern durch Information präsentiert werden, gibt es gegenüber Verkaufsräumen in Geschäftslokalen kaum Beschränkungen bezüglich der Anzahl der ausstellbaren Waren. Die Festlegung von Umfang und Struktur des Angebots erfolgt primär aufgrund des Marktpotenzials und der logistischen Möglichkeiten (Lagerhaltung und Transport). Die Absatzchancen werden durch Analysen der Bedingungslage, Verkaufsstatistiken („Renner und Penner“) und Prognosen ermittelt. Unternehmen, die auch traditionelle Absatzwege wie Filialen verwenden, verfolgen bei der *Festlegung der Angebotspalette im Internet* unterschiedliche Strategien. Teils wird dasselbe Programm angeboten, teils erfolgt eine Sortimentsverbreiterung und Diversifikation, teils wird das vorhandene Leistungsprogramm eingeschränkt. Der Fachhandel verwendet Konsumenteninformationssysteme häufig zur *Ausdehnung des Sortiments*. Für Hersteller und Fachhandel ist der Internet-Vertrieb zudem eine vergleichsweise einfache Möglichkeit zur *Diversifikation*. Darunter versteht man die Aufnahme neuer Produkte und Dienstleistungen, die in keinem direkten Zusammenhang mit dem bisherigen Betätigungsfeld des Unternehmens stehen. Andererseits findet man bei Einzelhändlern mit mehreren Vertriebswegen (engl.: multi-channel retailer) und Finanzdienstleistern häufig eine *Sortimentsbeschränkung des Internet-Vertriebs* gegenüber traditionellen Vertriebswegen. Überzeugungsbedürftige, beratungsintensive Produkte und Dienstleistungen werden nur in den Filialen und durch den Außendienst verkauft.

Die Angebotstransparenz im Internet erzeugt bei vergleichbaren Gütern einen erheblichen Preisdruck. Durch *Produktdifferenzierung* und *Produktindividualisierung* kann ein Unternehmen dem Preiswettbewerb ausweichen, die Kundenbindung erhöhen und damit einen gewissen Preisspielraum schaffen. Die *Produktdifferenzierung* erfolgt auf Basis einer Analyse von Nachfragebedürfnissen im anonymen Markt. Der einzelne Konsument wird nicht berücksichtigt. Die Produktvarianten stehen zum Angebotszeitpunkt fest. Die Produktdifferenzierung geht oft mit einer Preisdifferenzierung einher.

! Durch **Produktdifferenzierung** (engl.: product differentiation) werden von einem Kernprodukt verschieden gestaltete Produktvarianten für unterschiedliche Nachfragergruppen (Marktsegmente) abgeleitet. Das kann etwa durch Variation der Produkteigenschaften (Verpackung, Markennamen, Qualität oder Styling) geschehen.

B Ein *Beispiel für Produktdifferenzierung* findet man beim *Buchverkauf über Amazon*. Viele Verlage erlauben Amazon mittlerweile, Bücher direkt zu drucken (anstatt beim Verlag zu beschaffen). Dadurch erhält man bei Amazon manche Bücher in einem anderen Einband, dafür aber schneller als über eine Bestellung beim Verlag.

Im Gegensatz zur Produktdifferenzierung erfolgt die *Produktindividualisierung* erst nach dem Zeitpunkt der Kundenakquisition für einen einzelnen, persönlich bekannten Nachfrager. Für den Kunden kann die *Produktindividualisierung* eine bedarfsgerechtere Lösung bieten. Voraussetzungen sind eine ausreichend große Zahl veränderbarer Produkteigenschaften (Individualisierungspotenzial) und ein Individualisierungsbedarf, das heißt, das Vorhandensein von kundenindividuellen Wünschen. Die Zahl der veränderbaren Produkteigenschaften darf aber nicht zu groß sein, da dies den Konsumenten überfordern würde. Zudem muss für den Kunden der Nutzen der Individualisierung größer sein als deren Aufwand. Ein kostengünstiger Weg der Produktindividualisierung ist die Massenfertigung von Gütern, die durch individuelle Spezifikation von Komponenten zu unterschiedlichen Konfigurationen zusammengesetzt werden können (engl.: mass customization). Abb. 6.14 zeigt die wesentlichen Komponenten zur Produktindividualisierung.

! Unter **Produktindividualisierung** (engl.: product individualization) versteht man die auftragsorientierte, dem Akquisitionszeitpunkt nachgelagerte individuelle Gestaltung eines Produkts für einen dem Betrieb bekannten Kunden.

B Ein *Beispiel für Produktindividualisierung* über das Internet ist *Spreadshirt*, welches Kunden ermöglicht, Bekleidung (T-Shirts, Pullover, Jacken, Hosen usw.) und Accessoires (Taschen, Schals, Regenschirme, Tassen usw.) selbst mittels eigenen Texten, Fotos und Logos zu gestalten und Dritten anzubieten.

! Ein **elektronischer Katalog** (engl.: electronic catalog, e-catalog) präsentiert die von einem Betrieb angebotenen Produkte und Dienstleistungen. Der Konsument kann in den Webseiten blättern, gezielt nach Produkten suchen und sich alle relevanten Angaben ansehen, die für seine Kaufentscheidung wesentlich sind. Dazu gehören detaillierte Produktbeschreibungen in multimedialer Form, Preise, Zahlungsmöglichkeiten, Distributionswege, Geschäftsbedingungen und Bestellfunktionen.

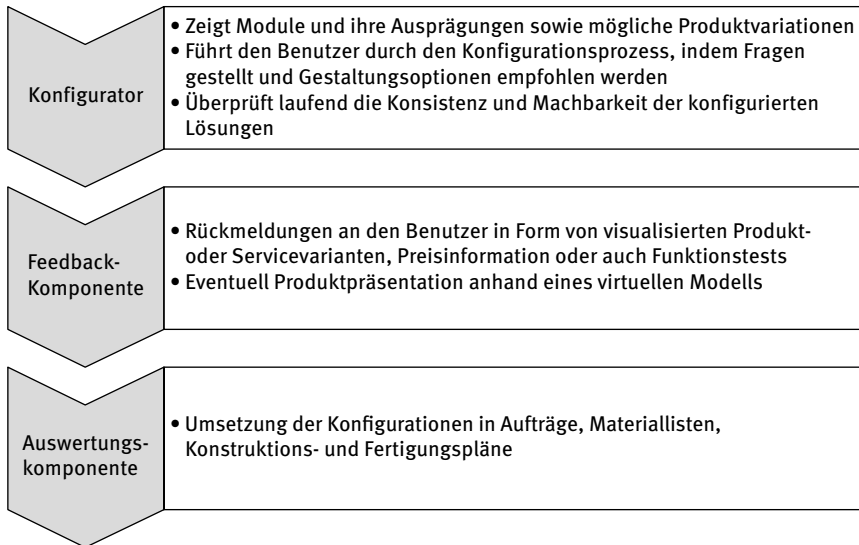


Abb. 6.14: Komponenten eines Konsumenteninformationssystems zur Unterstützung der Produktindividualisierung

Effiziente Suchfunktionen, Personalisierungsmöglichkeiten des Informationsangebots, Produkt- und Preisvergleichsfunktionen und Empfehlungssysteme erleichtern dem Konsumenten die *Navigation* und *Produktauswahl*. Online-Bestellfunktionen sind meist in Form eines virtuellen *Einkaufskorbs* (engl.: shopping basket) oder *Einkaufswagens* (engl.: shopping cart) realisiert, in den der Konsument die gewünschten Artikel durch den Klick auf das entsprechende Symbol legen kann.

Empfehlungssysteme (engl.: recommender system) helfen den Konsumenten bei der Wahl von Produkten und Dienstleistungen durch Kaufvorschläge, Produktbewertungen und Erläuterungen. Hierzu kommen *vielfältige Verfahren* zum Einsatz.



Empfehlungssysteme können auf unterschiedliche Art umgesetzt werden. Bei der Datenerhebung können implizite und explizite Ansätze unterschieden werden. Die explizite Datenerhebung erfordert, dass der Benutzer das Empfehlungssystem bewusst über seine Präferenzen informiert. Dies wird üblicherweise durch Befragungen erreicht. Der Vorteil liegt darin, dass der Benutzer seine Interessen am besten kennt und mit dieser Methode den Empfehlungsprozess stärker beeinflussen kann. Als nachteilig ist anzusehen, dass aufgrund der Dateneingabe die Interaktion für den Konsumenten aufwendiger sein kann. Bei impliziten Ansätzen werden Aktivitäten des Benutzers im Webshop überwacht

und protokolliert. Dies reduziert zwar den Aufwand, führt jedoch dazu, dass die Benutzer weniger Einfluss auf den Empfehlungsprozess nehmen können. In der *Ausgabe* eines Empfehlungssystems sind *Kaufvorschläge* die wichtigste Information, die dem Benutzer übermittelt wird. Darüber hinaus kann ein Empfehlungssystem *Produktbewertungen* durch Kommentare und Punktvergabe auf Basis von Kundeneinschätzungen oder durch unabhängige Dritte (zum Beispiel Testinstitute, Kritiker, Verbraucherschutzorganisationen) darstellen.

6.5.2 Preispolitik und ihre IT-Unterstützung

! Die **Preispolitik** (engl.: pricing policy) umfasst alle Maßnahmen, die zur *Findung*, *Auszeichnung* und *Durchsetzung* der Preise für die angebotenen Produkte und Dienstleistungen dienen. Dazu gehören die Gestaltung der Grundpreise und eventueller Rabatte, die Abgeltung von Zusatzleistungen und der Abwicklungskosten. Wegen der hohen Preistransparenz im Internet sind Überlegungen zur Preisdifferenzierung und Preisbündelung besonders wichtig.

Aus Anbietersicht ist der *Preis* ein Äquivalent für die Erbringung einer bestimmten Leistung. Aus Kundensicht ist es ein Gegenwert, um in den Besitz der Ware oder den Genuss von Dienstleistungen zu kommen. Der *Kaufpreis* (engl.: purchase price) aus Kundensicht oder *Verkaufspreis* (engl.: sales price) aus Anbietersicht besteht aus dem Grundpreis (Listenpreis), den Preisen für Zusatzausstattung und Zusatzleistungen sowie den Transaktionskosten (Zustellung usw.). Ein *Mietpreis* (engl.: rental price) wird für die Einräumung eines Nutzungsrechts für eine bestimmte Zeit verrechnet. Darüber hinaus können auch *Abonnements* und *Preise für jede Nutzung eines Produkts oder einer Dienstleistung* in Rechnung gestellt werden.

Prinzipiell gibt es keine Unterschiede zwischen der Preisgestaltung von Produkten und Dienstleistungen in traditionellen Vertriebswegen und in Konsumenteninformationssystemen. Es gibt jedoch Merkmale des Internets, die bestimmte Preisstrategien begünstigen oder erschweren und neuartige preispolitische Maßnahmen in Konsumenteninformationssystemen ermöglichen. Hier ist insbesondere die Preisstrategie von Bedeutung.

! In der **Preisstrategie** (engl.: price strategy) wird das Preisniveau beziehungsweise der Preisrahmen, innerhalb dessen ein Anbieter operieren will, mittel- bis langfristig festgelegt. Die Preisstrategien können nach der preislichen Positionierung der Produkte, der Preisanpassung an die Wettbewerber und der zeitlichen Entwicklung der Preise klassifiziert werden.

Nach der *zeitlichen Entwicklung der Preise* kann man Abschöpfungs-, Penetrations- und Yield-Managementstrategien unterscheiden.

Bei der *Abschöpfungsstrategie* (engl.: skimming strategy) wird bei der Einführung neuer Produkte zu Beginn ein hoher Preis verlangt, der mit zunehmender Markterschließung oder beim Aufkommen von gleichwertigen Konkurrenzprodukten gesenkt wird. Durch die Ausnutzung einer monopolistischen Marktposition bei Produktneuheiten mit hohem Prestigewert und einer geringen Preissensibilität der Nachfrager lassen sich kurzfristige Gewinne realisieren und ein Preisspielraum nach unten schaffen. Die Abschöpfungsstrategie wird häufig bei der Einführung innovativer Geräte der Unterhaltungselektronik eingesetzt.

Ein *Beispiel* für die Abschöpfungsstrategie ist die Markteinführung des iPads durch Apple. Hierbei wurden zur Markteinführung sehr hohe Preise verlangt, die dann schrittweise bei erweiterter Funktionalität gesenkt wurden. B

Bei der *Penetrationsstrategie* (engl.: penetration strategy) verläuft die Preisentwicklung umgekehrt wie bei der Abschöpfungsstrategie: Bei der Einführung neuer Produkte werden zu Beginn niedrige Preise verlangt, um möglichst rasch hohe Absatzmengen bei niedrigen Stückkosten zu erreichen, um Netzwerk- und Lock-in-Effekte aufzubauen und um potenzielle Wettbewerber von einem Markteintritt zurückzuhalten.

Beim „**Follow the Free**“-Pricing wollen Unternehmen durch *Gratisprodukte* möglichst rasch eine „kritische Masse“ von Kunden erreichen. *Erlöse* sollen *erst später* durch den Verkauf von neuen Produktversionen („Upgrades“), leistungsfähigeren Produktversionen („Premiums“) und Komplementärleistungen an den gewonnenen Kundenstamm erzielt werden. !

Voraussetzungen für die spätere Durchsetzung von Preiserhöhungen sind eine starke Produktbindung und die Bereitschaft der Konsumenten, für Angebote zu bezahlen. Allerdings hat eine einmal entwickelte Gratismentalität (engl.: free lunch mentality, free rider mentality) in vielen Fällen dahingehende Bemühungen vereitelt.

Zum *Beispiel* haben im Lauf der Zeit die meisten Zeitungsverlage versucht, für die elektronischen Versionen ihrer *Tageszeitungen* Abonnementgebühren einzuführen und sind damit größtenteils gescheitert. Die in den meisten Fällen nicht kostendeckenden Erlöse werden hauptsächlich durch Werbung und in vereinzelten Fällen durch kostenpflichtige hochwertige Zusatzdienste (beispielsweise Zugriff zu den Archiven) erzielt. B

Wenn sich kostendeckende Preise nicht durchsetzen lassen, sollten auf andere Weise *Nutzen* (zum Beispiel besseres Image, Orientierung über Filialangebote) oder *Erlöse* (zum Beispiel Werbeeinnahmen) generiert werden. Andernfalls müssen die Angebote früher oder später vom Internet-Vertrieb zurückgezogen werden.

Bei der *Yield-Managementstrategie* (engl.: yield management strategy; übliche deutsche Übersetzung: Ertragsmanagementstrategie) werden die Preise dynamisch und simultan mit der Kapazitätssteuerung festgelegt, um eine zu geringe Nachfrage zu stimulieren oder um bei hoher Nachfrage die Gewinne zu maximieren. Mit einem Prognosemodell wird auf Basis von historischen Absatzdaten der Bedarf zu künftigen Zeitpunkten vorhergesagt. Sodann werden für diese Zeitpunkte je nach prognostiziertem und aktuellem Bedarf unterschiedliche Preise festgelegt. Voraussetzungen für die Anwendbarkeit des Yield-Managements sind, dass die Produkte und Dienstleistungen vergänglich (nicht lagerbar) sind und die Nachfrager hinsichtlich ihrer Bedürfnisbefriedigung variabel reagieren können.

B

Beispiele für den erfolgreichen Einsatz des Yield-Managements sind die Preisgestaltung von Transportbetrieben (Flugzeuge, Leihwagen, Züge), Hotels (Hotelbetten) und Telekomgesellschaften (Telefonanrufe) bei nicht ausgelasteten Kapazitäten.

6.5.3 Distributionspolitik und ihre IT-Unterstützung

!

Die **Distributionspolitik** (engl.: distribution policy) umfasst alle betrieblichen Maßnahmen, um die angebotenen Güter vom Ort ihrer Entstehung unter Überbrückung von Raum und Zeit an die Kunden zu übermitteln. Die akquisitorische Distribution dient der Anbahnung und Sicherung von Kundenkontakten, dem Verkauf und der Auftragserledigung. Die physische Distribution beinhaltet die Warenverteilung, das heißt bei nicht digitalen Gütern den körperlichen Transfer.

Die Distributionspolitik betrachtet unter anderem die verschiedenen Transaktionsphasen, Liefer- und Zahlungsbedingungen, Auftragsverwaltung, Zahlungsabwicklung und Lieferung. An dieser Stelle konzentrieren wir uns auf die Auswahl der Absatzkanäle. Hierbei sind indirekter Vertrieb, Direktvertrieb und Mehrkanalvertrieb zu unterscheiden.

Der *indirekte Vertrieb* unter Einbeziehung von Absatzmittlern empfiehlt sich vor allem bei einer flächenmäßig weit verteilten Nachfrage.

Der *Herstellerdirektvertrieb* ist bei Investitionsgütern dominierend und findet zunehmend auch bei Konsumgütern Verbreitung. Das Internet ist hierfür

eine besonders attraktive Form. Mögliche *Vorteile* gegenüber dem indirekten Vertrieb sind:

- Einsparung von Handelsmargen und damit niedrigere Preise,
- direkte und dadurch schnellere Abwicklung von Bestellungen,
- Auftrags- statt Lagerproduktion und somit geringere Kapitalbindung und geringeres Schwund- und Veralterungsrisiko im Lager,
- unmittelbarer Kontakt und umfassender Informationsfluss vom und zum Endkunden (damit ist das letzte Glied in der Wertschöpfungskette gemeint),
- gezielte Ausrichtung der Marketingmaßnahmen auf die Endkunden, bis hin zum 1:1-Marketing, bei dem jeder einzelne Kunde individuell behandelt wird.

Bei *mehreren Absatzkanälen*, zum Beispiel stationären Ladengeschäften, herkömmlichem Katalogversand und Internet-Shops, ist der Internet-Auftritt mit den anderen Wegen hinsichtlich aller Marketinginstrumente abzustimmen. Grundsätzlich ist eine einheitliche oder eine differenzierte Marketingpolitik möglich. Es kann durchaus auch primäres oder ausschließliches Ziel eines Konsumenteninformationssystems sein, die anderen vorhandenen Absatzkanäle zu unterstützen.

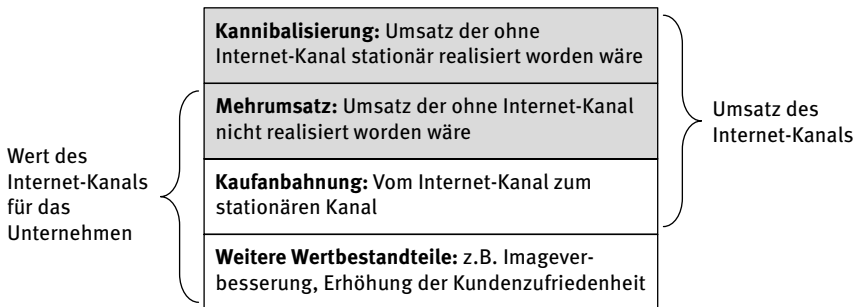


Abb. 6.15: Wert des Internet-Absatzkanals für ein Unternehmen (Quelle: ECC Handel)

Wenn ein Unternehmen mehrere Absatzkanäle anbietet, dann kombinieren die Kunden deren Vorteile je nach Bedarf und Situation (siehe Abb. 6.15). Kunden, die zunächst stationäre Verkaufsstätten besuchen und dann im Webshop des Anbieters bestellen, nutzen häufig im Internet insbesondere die Möglichkeit des Preisvergleichs, die bequeme Bestellmöglichkeit sowie die Lieferung nach Hause. Umgekehrt schätzen Kunden, die sich vor einem Kauf online informiert haben, dass sie sich beim Kauf im stationären Ladengeschäft besser über Produkteigenschaften informieren, das Produkt anfassen und direkt mitnehmen können. Der *Nutzen des Internet-Vertriebs für Mehrkanalanbieter* liegt in der

Neukundengewinnung, der Festigung der Kundenbindung und der Effizienzsteigerung. *Risiken* sind die Kannibalisierung (die Absatzkanäle nehmen sich gegenseitig Umsätze weg), mögliche Kanalkonflikte mit negativ Betroffenen im Unternehmen und mit Absatzmittlern (wenn durch Kannibalisierung deren Erlöse sinken) sowie bei einer nach Absatzkanälen differenzierten Marketingpolitik die Verwirrung der Kunden.

6.5.4 Kommunikationspolitik und ihre IT-Unterstützung



Die **Kommunikationspolitik** (engl.: communication policy) umfasst alle betrieblichen Maßnahmen, um die aktuellen und potenziellen Kunden sowie sonstige relevante Gruppen (Medien usw.) zielgerichtet über das Angebot und das Unternehmen zu informieren. Die wichtigsten Instrumente zur systematischen Käuferbeeinflussung im Zusammenhang mit Konsumenteninformationssystemen sind die Website-Gestaltung, Werbung, Verkaufsförderung und Öffentlichkeitsarbeit.

Die Kommunikationspolitik umfasst eine Vielzahl von Aktivitäten zur Verkaufsförderung, Öffentlichkeitsarbeit, Sponsoring und Direktmarketing. Im Folgenden beschränken wir uns auf die zwei Aspekte der Website-Gestaltung und der Werbung.

Zunächst zur *Gestaltung des Webauftritts*: In einem Konsumenteninformationssystem sollten Form und Inhalt zusammenpassen. Durch ein ansprechendes *Design* und *attraktive Angebote* werden Anreize zum wiederholten Besuch geschaffen. Dabei muss die *Präsentation der Produkte und Dienstleistungen im Mittelpunkt* stehen. Die Information sollte einfach und verständlich für die jeweilige Zielgruppe dargeboten und laufend aktualisiert werden. Für die Platzierung der Produkte gelten ähnliche Überlegungen wie bei der Regaloptimierung in den Verkaufsstätten der realen Welt (siehe Kapitel 7). Ein klarer, logischer Aufbau der Website sowie effiziente Such- und Navigationsmechanismen helfen den Besuchern, sich rasch zurechtzufinden. Vertrauensbildende Angaben über das Unternehmen, dessen Datenschutz sowie die Liefer- und Zahlungsbedingungen sollten leicht zugänglich sein. Beratungs- und Individualisierungsfunktionen sowie weitreichende Kundendienstleistungen können die Anziehungskraft steigern.

Schließlich sollte das Webangebot so gestaltet werden, dass es bei den großen Suchdiensten eine gute Reihung in den Suchergebnislisten erreicht.

Unter **Suchmaschinenoptimierung** (engl.: search engine optimization, Abkürzung: SEO) versteht man Maßnahmen, die dazu dienen, das Webangebot in den Ergebnislisten von großen Suchdiensten auf vorderen Plätzen erscheinen zu lassen. Diese Maßnahmen reichen von den Richtlinien für barrierefreien Zugang, über syntaktisch korrekte HTML-Seiten bis zur Vergabe von Schlüsselwörtern, Kurzbeschreibungen der Inhalte, gezielter externer Verlinkung oder Hilfeinformation für die Webroboter.



Zwar halten Suchdienste ihre Verfahren geheim und ändern diese häufig, um Missbrauch zu erschweren. Spezialisierte Berater, die eine Suchmaschinenoptimierung anbieten, führen deshalb laufend systematische Suchergebnisanalysen durch und schließen daraus auf die aktuell verwendeten Algorithmen zur Ergebnisreihung. In der Regel reagieren die führenden Suchmaschinenanbieter sehr rasch auf zu stark optimierte Webseiten.

Ein drastisches Beispiel für eine extreme „Suchmaschinenoptimierung“ sind die sogenannten *Google-Bomben*, die unter anderem genutzt werden, um bestimmte Personen mit diffamierenden Suchbegriffen in Kontext zu setzen. Ein berühmtes Beispiel hierfür ist eine Google-Bombe, die sich gegen den ehemaligen US-Präsidenten George W. Bush richtete und ihn mit den Begriffen „miserable failure“ assoziierte. Wurde über Google nach den genannten Begriffen gesucht, erschien als erster Treffer die persönliche Webseite des Präsidenten. Dies erfolgte dadurch, dass viele (künstlich erzeugte) Webseiten über Links mit diesen Begriffen auf die persönliche Webseite des damaligen Präsidenten verwiesen.



Werbung (engl.: advertising) ist die absichtliche und zwangsfreie Beeinflussung der Marktpartner, um diese zu einem bestimmten Verhalten zu beeinflussen. Nach der Art des Werbeobjekts unterscheidet man Produkt-, Programm- und Firmenwerbung. Weitere Klassifizierungsmerkmale der Werbung sind die Werbetreibenden (Individual- und Kollektivwerbung), die Zahl der Umworbenen (Einzel- und Mengenwerbung) sowie die Primärziele der Werbung (Einführungs-, Expansions-, Erhaltungs- und Reduktionswerbung).

Ein **Werbeträger** (engl.: advertising medium, advertising vehicle) ist ein Medium, über das die Werbebotschaft an die Zielpersonen (hier: Konsumenten) übermittelt wird. Wesentliche Merkmale für die Auswahl von Werbeträgern sind deren Reichweite, die Einstellungen und Verhaltensformen der jeweiligen Konsumenten sowie das Preis-Leistungs-Verhältnis.



Konsumenteninformationssysteme sind einerseits *Werbeträger*, das heißt Medien, in denen Werbung zur Absatzsteigerung und zur Erzielung von Einkünften geschaltet werden kann. Andererseits ist Werbung in klassischen Werbeträgern (Printmedien, Fernsehen, Prospekten usw.) und im Internet ein *Mittel, um für die Website Reichweite zu schaffen*, das heißt, Besucher (aktuelle und potenzielle Käufer) zu regelmäßigen Besuchen zu animieren (siehe Abb. 6.16). *Stärken der Internet-Werbung* sind die hohe Botschaftsflexibilität, die gezielte Ansprache von Zielgruppen und der Rückkanal zum Kunden. Im Vergleich zu anderen

Werbeträgern ist die Internet-Werbung preisgünstig und die Werbewirkung ist besser quantifizierbar. Besonders geeignet sind Internet-Portale und Suchdienste mit hoher Benutzerfrequenz sowie Websites, die gut zum eigenen Angebot passen. Große Internet-Portale und Suchdienste bieten den Zielgruppen entsprechende, themenaffine Platzierungen und die Schaltung von Bannern und sonstigen Werbemitteln an, die auf Stichwörter reagieren.

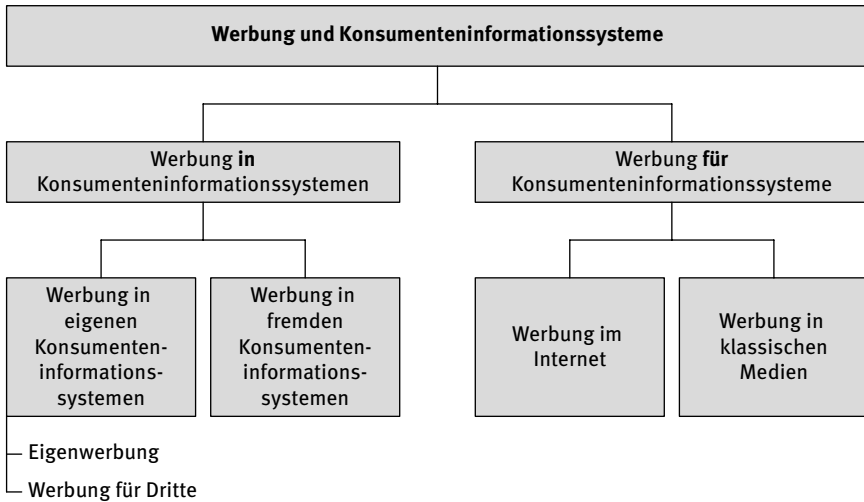


Abb. 6.16: Übersicht über Werbung in und für Konsumenteninformationssysteme

Bei den meisten der nachfolgend gekennzeichneten Webwerbemittel können die *Werbebotschaften gezielt an die Benutzer angepasst* werden. Je nach Benutzerprofil (wenn der Benutzer bekannt ist) oder Suchverhalten (aufgerufene Seite, eingegebener Suchbegriff) bekommt der Benutzer die am besten entsprechenden Werbeeinschaltungen zu sehen. Vorteile sind ein höheres Benutzerinteresse und weniger Streuverluste.



Bei den **eingebundenen Flächenformaten** (engl.: embedded advertising space format) wird die Werbebotschaft auf einer feststehenden Fläche in Form von Anzeigen, sogenannter **Banner** (engl.: banner), in die Webseiten integriert. Durch Anklicken wird in der Regel zu einer Werbeaktivität (zum Beispiel Werbeprospekt, Gewinnspiel, Bestellformular) verzweigt. Die Anzeigen (engl.: advertisement, Abkürzung: ad) können Festbilder oder bewegte Bilder enthalten, die heute meist dynamisch von einem beauftragten Server (Adserver) zum jeweiligen Inhalt passend eingespielt werden. Es gibt zahlreiche Bannerformen, die sich in ihren Abmessungen und ihren Funktionen unterscheiden.

Daneben gibt es *eigenständige Flächenformate*. Ein *Pop-up* ist ein Fenster mit Werbung, das sich beim Aufrufen oder Verlassen eines Werbeträgers automatisch öffnet und vom Benutzer geschlossen werden kann. Eine *Unterbrecherwerbung* wird in das Browserfenster des Benutzers eingeblendet, bevor der aufgerufene Inhalt erscheint. Der Benutzer kann nicht steuernd eingreifen. *Floating Ads* und *Expandable Ads* sind Werbeflächen, die sich auf der Webseite bewegen beziehungsweise sich automatisch vergrößern. Ein *Pop-under* ist ein Fenster mit Werbung, das sich hinter dem aktiven Browserfenster öffnet.

Bei **eigenständigen Flächenformaten** (engl.: independent advertising space format) der Werbung wird die Werbebotschaft in einem eigenen Browserfenster präsentiert.



Zudem gibt es *redaktionelle Formate*. Dazu gehören *Advertorials* als gekennzeichnete Werbetext, der inhaltsbezogen auf Webseiten eingebunden ist. *Branded Content* ist die inhaltliche Gestaltung abgegrenzter Bereiche einer Webseite durch den Werbenden. *Werbetextlinks* verbinden per Mausklick zu Werbewebseiten. *Wasserzeichen* sind Markenlogos, die in visuell abgeschwächter Form als Hintergrund einer Webseite präsentiert werden.

Bei **redaktionellen Formaten** (engl.: editorial format) der Werbung ist die Werbebotschaft in den redaktionellen Kontext eingebettet und oft thematisch und im Layout an die jeweiligen Seiteninhalte angepasst. Die Werbung muss jedoch als solche klar erkennbar und vom restlichen Seiteninhalt eindeutig getrennt sein. Redaktionelle Formate können nicht automatisch erkannt und ausgeblendet werden.



Da herkömmliche Werbemittel im Internet von den Konsumenten immer kritischer aufgenommen und soweit möglich durch *Werbeblocker* technisch unterdrückt werden, wird ständig nach neuen Werbemöglichkeiten gesucht. Aufgrund der hohen Benutzerzahlen und der detaillierten Benutzerprofile gelten dabei soziale Netzwerke als besonders vielversprechend.

Virales Marketing (engl.: viral marketing) ist Werbung durch Mundpropaganda zwischen Konsumenten, die sich epidemisch, wie ein Virus, in sozialen Netzwerken verbreiten soll.



Virales Marketing funktioniert vor allem dann, wenn sich die Benutzer durch das Verbreiten von Empfehlungen einen Vorteil versprechen oder die Inhalte einzigartig, besonders hilfreich, lustig, cool, sexy, erstaunlich oder kontrovers sind. Die Werbebotschaften werden oft auf Web-2.0-Plattformen hochgeladen, wo sie den Benutzern zur Verfügung stehen. Auslöser viraler Effekte können

zum Beispiel Unterschriftensammlungen oder Wetten im Netz sein, die hohe Klickzahlen auf den beworbenen Webseiten sicherstellen sollen.

Die *Preise für die Schaltung von Webwerbemitteln* richten sich nach der Bekanntheit (Frequentierung) der Website, der Größe der Werbefläche, der Gestaltung der Werbefläche (reiner Text, Festbild, Bewegtbild), der Platzierung und den Zielgruppenkriterien. Ein Preismodell, das von der traditionellen Print- und TV-Werbung übernommen wurde, ist der *Tausend-Kontakte-Preis*, *Abkürzung: TKP* (angeforderte und ausgelieferte Webseiten mit der Werbebotschaft). Häufig werden auch die Klicks auf eine Werbefläche verrechnet (und nicht wie bei TKP der bloße Sichtkontakt). Bei diesem *CPC-Preismodell* (Abkürzung von engl.: cost per click) bezahlt der Werbekunde also, wenn der Betrachter auf die Werbung reagiert. Bei *CPR* (Abkürzung von engl.: cost per registration) wird die Werbung nur bei einer Registrierung des Kunden, zum Beispiel der Anforderung von Informationsmaterial, Probeabonnements usw., verrechnet. Stark frequentierte Portale verlangen hierfür Initialgebühren oder Garantiesummen in sechsstelliger Höhe sowie für jede Registrierung eine vorher vereinbarte Akquisitionsg Gebühr. Bei *CPT* (Abkürzung von engl.: cost per transaction) erfolgt die Verrechnung der Werbung nur dann, wenn der Betrachter danach etwas kauft. Die Vergütung auf Verkaufsbasis dominiert beim Affiliate Marketing (in der Regel nach Umsatz gestaffelte Provision); in geringerem Umfang werden in Partnerprogrammen aber auch die Vergütung bei Kontaktaufnahme (CPR) und Kombinationen aus den verschiedenen Vergütungsarten eingesetzt.

6.6 Zwischenbetriebliche Informationssysteme (E-Commerce im B2B-Bereich)



Zwischenbetriebliche Informationssysteme (engl.: business-to-business information system, B2B information system) werden auch als **Interorganisationssysteme** (engl.: interorganizational system) bezeichnet. Zielgruppe sind die gewerblichen Marktpartner eines Betriebs, das heißt Geschäftskunden, Lieferanten und Dienstleister. Es kann sich um geschäftsfallbezogene oder beziehungsorientierte Systeme handeln, die die Beschaffung oder das Marketing bis hin zur gesamten Wertschöpfungskette unterstützen. Umfassende zwischenbetriebliche Informationssysteme unterstützen die Geschäftsprozesse mit Marktpartnern auf allen Ebenen und in allen Phasen. Es gibt jedoch auch häufig solche Systeme, die nur Funktionen für die Informationsphase beinhalten. Zwischenbetriebliche Informationssysteme können branchenspezifisch oder branchenübergreifend gestaltet sein. Sie können von einem Betrieb hierarchisch gesteuert werden, wie zum Beispiel Kunden- (B2B-CRM) und Lieferantenbeziehungsmanagementsysteme (SRM). Es kann sich aber auch um elektronische B2B-Märkte oder Unternehmensnetzwerke wie EDI-Systeme und Supply-Chain-Management-Systeme handeln.

In diesem Abschnitt wird ein Überblick über das breite Spektrum dieser Informationssysteme gegeben. Wir beginnen mit den betriebswirtschaftlichen Rahmenbedingungen von zwischenbetrieblichen Informationssystemen, erläutern die Bedeutung der unternehmensübergreifenden Koordination der Wertschöpfungskette (Supply-Chain-Management) und stellen den Nutzen des Informationsflusses zwischen Unternehmen dar. Der Informationsfluss wird durch unterschiedliche zwischenbetriebliche Informationssysteme, zum Beispiel elektronischen Datenaustausch, unterstützt. Zuletzt beschreiben wir Komponenten von Supply-Chain-Management-Systemen.

6.6.1 Koordination der Wertschöpfungskette

Die Abb. 6.17 stellt eine stark vereinfachte *Wertschöpfungskette* dar, die aus drei Marktpartnern besteht: Einem Vorlieferanten, einem Hersteller und einem Händler. Aus Sicht des Herstellers ist die Geschäftsbeziehung zum Vorlieferanten dem Beschaffungsbereich zugeordnet, die Geschäftsbeziehung zum Händler zählt hingegen zum Vertrieb. Umgekehrt ist die Geschäftsbeziehung des Vorlieferanten zum Hersteller ein Teil des Vertriebsbereichs, jene des Händlers zum Hersteller gehört zu dessen Beschaffungsbereich. In der Abbildung sind die Waren-, Informations- und Zahlungsflüsse zwischen den Marktpartnern dargestellt. Informations- und Zahlungsfluss können durch *elektronischen Datenaustausch* unterstützt werden. Das *Supply-Chain-Management* umfasst als strategischer Ansatz zur Unternehmenskooperation alle drei Flüsse, also den Informations-, Zahlungs- und Warenfluss.

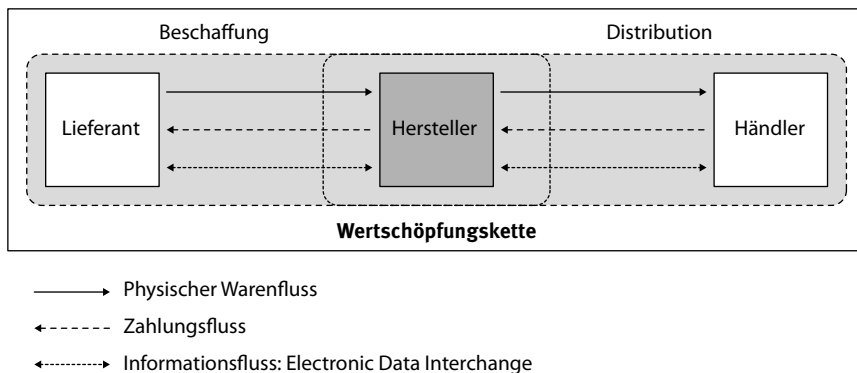


Abb. 6.17: Waren-, Informations- und Zahlungsfluss in einer einfachen Wertschöpfungskette

Wenn Unternehmen zueinander Geschäftsbeziehungen unterhalten, können sie in unterschiedlichem Ausmaß zusammenarbeiten und ihre Austauschprozesse koordinieren. So ist es möglich, dass ein Unternehmen mit einem Geschäftspartner eng kooperiert, während es mit einem anderen Partner nur Kaufabschlüsse tätigt. Je stärker die Koordination zwischen Unternehmen, desto intensiver ist auch der zwischenbetriebliche Informationsaustausch. Es gibt verschiedene Theorien, die die zwischenbetriebliche Koordination erklären. Dazu zählt unter anderem die *Transaktionskostentheorie*, die zur Neuen Institutionenökonomik gehört. Sie untersucht, welche Koordinationsmechanismen in verschiedenen Ausgangssituationen am effizientesten sind. Dabei unterscheidet die Theorie zwischen Austauschprozessen, die auf *Märkten* beruhen, und solchen, die durch *Hierarchien* gesteuert werden. Weiterentwicklungen der Transaktionskostentheorie beschreiben darüber hinaus zahlreiche Mischformen zwischen diesen beiden Extremen. Beispiele sind langfristige Kooperationen oder Joint Ventures. Eine gegenwärtig als besonders effizient angesehene Mischform sind *Unternehmensnetzwerke*, weil diese die Vorteile von Märkten und Hierarchien verbinden können.



Im Sinne der Neuen Institutionenökonomik ist ein **Markt** (engl.: market) ein ökonomischer Ort (Institution, Mechanismus) des *freien Tausches*, an dem durch Angebot (Verkäufer) und Nachfrage (Käufer) der Preis gebildet wird. Die tauschenden Instanzen entscheiden frei und messen das Angebot allein an individuellen Bedürfnissen. In einer **Hierarchie** (engl.: hierarchy) wird der Gütertausch zwischen Angebot und Nachfrage durch eine übergeordnete Organisationsinstanz, das Management, koordiniert. Die Ressourcenallokation erfolgt über *Pläne*. Ein **Unternehmensnetzwerk** (engl.: business network) besteht aus autonomen Akteuren, die ein gemeinsames Resultat erreichen wollen. Die Leistungserstellungsprozesse laufen *unternehmensübergreifend* ab. Durch *kooperative* Leistungserstellung wird eine sogenannte *Win-win-Situation*, das heißt ein Nutzen für alle beteiligten Organisationen, angestrebt.



Eine typische *marktliche Koordination* von Aufgaben ist beispielsweise auf einer *Wertpapierbörse* gegeben. Die stattfindenden Transaktionen sind ausschließlich Käufe und Verkäufe, die Marktpartner gehen darüber hinaus keinerlei gegenseitige Verpflichtungen ein. Eine *netzwerkartige Koordinationsform*, die sich zwischen Märkten und Hierarchien befindet, ist beispielsweise eine *langfristige Lieferkooperation*. In diesem Fall sind die beteiligten Marktpartner zwar rechtlich und wirtschaftlich selbstständige Unternehmen, die gegenseitige Abhängigkeit und die laufenden Koordination zwischen den Unternehmen sind jedoch wesentlich stärker ausgeprägt als bei einer reinen Kauftransaktion. Auch die zwischen den Unternehmen ausgetauschte Information geht über reine Bestellungen und Zahlungsvorgänge weit hinaus.

Eine *hierarchische Koordination* ist dann gegeben, wenn die an der Erfüllung einer Aufgabe beteiligten Akteure voneinander abhängig sind und einem Management unterstehen. In diesem Fall ist oft auch eine rechtliche Abhängigkeit gegeben. Am stärksten ist die Hierarchie in einer *Linienorganisation* ausgeprägt; hier stellen die einzelnen Akteure rechtlich unselbst-

ständige Akteure dar. Das ist zum Beispiel bei jedem Unternehmen der Fall, das seine Produkte über Reisende, Filialen oder eigene Konsumenteninformationssysteme vertreibt.

6.6.2 Kooperationsmodelle für das Supply-Chain-Management

Ein in der Praxis verbreiteter Ansatz zur unternehmensübergreifenden Kooperation ist das Supply-Chain-Management, das wir nun näher betrachten. Wie noch gezeigt wird, spielt der Informationsfluss im Supply-Chain-Management eine wesentliche Rolle.

Unter dem Begriff **Supply-Chain-Management** (Abkürzung: SCM; Synonym: Lieferkettenmanagement) versteht man das Management der Geschäftsprozesse der Versorgungskette (engl.: supply chain; Synonyme: Lieferkette) vom ersten Rohstofflieferanten bis zum Endverbraucher. Um diese Lieferkette möglichst effizient und kostengünstig zu gestalten, ist eine intensive *Zusammenarbeit* zwischen den beteiligten Betrieben zur gemeinsamen, bestmöglichen Gestaltung aller inner- und überbetrieblichen Material-, Informations- und Geldflüsse notwendig.



Das *Ziel des Supply-Chain-Managements* ist es, die Geschäftsprozesse von Lieferanten und Kunden mit eigenen Prozessen zu koordinieren. Supply-Chain-Management umfasst zahlreiche Planungs- und Koordinationsaufgaben und ist auch mit vielen anderen betriebswirtschaftlichen Funktionsbereichen wie zum Beispiel Marketing oder Finanzierung eng verknüpft. Eine besondere Bedeutung kommt der Informationstechnik zu. Das Supply-Chain-Management bezieht weite Teile eines Unternehmens mit ein und sollte auch von der Führungsebene unterstützt werden. In diesem Sinn ist Supply-Chain-Management also ein wesentlich weiter gefasster Begriff als Logistik. Aus Sicht der Transaktionskostentheorie beruht es auf *Unternehmensnetzwerken* innerhalb der Wertschöpfungskette. Es werden aber auch Dienstleistungsunternehmen wie Logistikspezialisten (Spediteure, Frächter), Banken, IT-Unternehmen oder Unternehmensberater in das Netzwerk einbezogen.

Zur Umsetzung des Supply-Chain-Managements in der Praxis wurde vom *Supply-Chain Council*, einer Non-Profit-Wirtschaftsvereinigung, ein Standardreferenzmodell entwickelt, das Supply-Chain-Management-Prozesse in verschiedenen Detaillierungsgraden beschreibt.

Das **Supply-Chain Operational Reference-Model** (Abkürzung: SCOR) betrachtet die erweiterte Logistikkette, ausgehend vom Lieferanten des Lieferanten über den Lieferanten, das analysierte Unternehmen, dessen Kunden bis zu den Kunden des Kunden, als Serie von verketteten



Prozessen [Beschaffen => Produzieren => Liefern => Retouren], die von einer Serie von Planungsprozessen gesteuert werden (siehe Abb. 6.18).

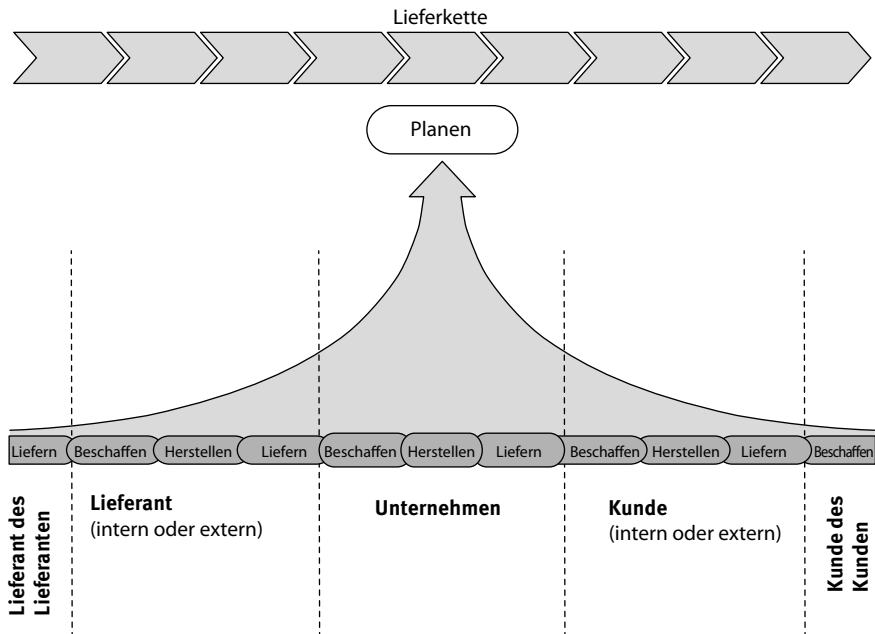


Abb. 6.18: SCOR-Referenzmodell (Quelle: Supply-Chain Council, 2008)

SCOR besteht aus drei Ebenen, auf denen die Lieferkette eines Unternehmens analysiert wird. Ebene 1 definiert dabei den Umfang und den Inhalt der Lieferkette eines Unternehmens. In Ebene 2 erfolgt dann eine Differenzierung in 30 Prozesskategorien, die in Ebene 3 mithilfe von Prozesselementen im Sinne einer Standardreferenz branchenspezifisch konfiguriert werden können. Das Modell definiert unternehmensübergreifende Prozesse und vergleicht sie mit den besten, in der Praxis üblichen Verfahren (engl.: best practice), Benchmarkingdaten und Softwarefunktionalität. Das Referenzmodell bietet auch Hilfsmittel wie Kennzahlen für Formeln, um die Leistungsfähigkeit einer Lieferkette in Bezug auf Auftragserfüllung, Antwortzeiten, Produktflexibilität oder Lagerumsatz zu messen.

Im Rahmen des Supply-Chain-Managements können verschiedene *Kooperationsmodelle* betrieben werden, deren Ziele in Effizienzsteigerungen für alle beteiligten Marktpartner (*Win-win-Situation*), aber auch einer Verbesserung der Logistikleistung bestehen. Die Effizienzsteigerung beruht hierbei vor allem auf einer Senkung von Lagerbeständen und Transaktionskosten, die Leistungsver-

besserung auf einer Reduktion von Fehlbeständen und einem nachfragegerechten Warennachschub. Die drei wichtigsten *Kooperationsmodelle* werden in den folgenden Abschnitten kurz vorgestellt. Die englischen Bezeichnungen sind auch im deutschen Sprachraum üblich.

Continuous Replenishment Program (Abkürzung: CRP) ist eine Methode des Bestands- und Bestellmanagements. Ziel ist eine kontinuierliche Warenversorgung entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Der Warennachschub wird dabei von der tatsächlichen Konsumentennachfrage oder dem prognostizierten Bedarf anstelle durch Bestellungen eines Unternehmens gesteuert. Der Vorteil besteht in einer besseren Warenverfügbarkeit bei einer gleichzeitigen Verringerung von teuren Lagerbeständen. CRP eignet sich vor allem bei Produkten, die häufige Wiederbestellzyklen aufweisen und in großen Mengen verkauft werden (sogenannte Schnelldreher). Die Voraussetzung für die Umsetzung des CRP ist ein intensiver Informationsaustausch zwischen den Marktpartnern und eine gemeinsame Planung. Eine Weiterentwicklung des CRP ist das Vendor-Managed Inventory.

Bei *Vendor-Managed Inventory* (Abkürzung: VMI) werden Geschäftsprozesse neu gestaltet, da die Bestellungen nicht, wie üblich, durch den Kunden, sondern durch den Lieferanten generiert werden. Der Lieferant tätigt daher nicht nur den Warennachschub, sondern ist auch für das Bestandsmanagement seines Kunden verantwortlich und übernimmt somit Aufgaben, die in klassischen Wertschöpfungsketten der Kunde ausführt. Der Hersteller benötigt für das Bestandsmanagement genaue Information über Abverkäufe, Absatzprognosen und Verkaufsförderungsmaßnahmen des Kunden. Das macht einen intensiven Informationsaustausch und eine enge Zusammenarbeit bei Planung und Prognose notwendig. Die Vorteile des VMI sind, wie bei CRP, eine Reduktion von Lagerbeständen sowie eine bessere Warenverfügbarkeit. Der Lieferant kann den Warennachschub besser mit den Produktionsabläufen und der Beschaffung koordinieren. Für den Kunden entfällt die Tätigkeit der Bestellung.

Just-in-Time-Belieferung (Abkürzung: JiT) ist ein bewährtes Bestandskontrollsystem in der Produktion, das den Materialfluss zum Produktions- beziehungsweise Montageort steuert. Dazu werden Nachfrage und Angebot so koordiniert, dass das Material genau in jenem Moment eintrifft, in dem es benötigt wird. Damit können Lagerbestände von Rohstoffen und Halbfertigwaren stark reduziert werden oder gänzlich entfallen. JiT wurde in der Automobilindustrie entwickelt und ist für Güter geeignet, die in kleinen, aber häufigen Mengen geliefert werden. Da jeder Arbeitsschritt exakt auf den nachfolgenden abgestimmt sein muss, ist eine intensive Kooperation zwischen dem Hersteller und seinen Lieferanten notwendig.

6.6.3 Elektronischer Datenaustausch

Wie im vorangegangenen Abschnitt gezeigt, werden viele geschäftliche Transaktionen von einem Informationsfluss begleitet. Eine Warenbestellung ist zum Beispiel nichts anderes als eine Information darüber, dass eine bestimmte Menge eines Artikels an ein bestimmtes Unternehmen zu liefern ist. Der Informationsfluss zwischen Unternehmen kann auf traditionellem Weg, das heißt telefonisch, per Fax oder per Post, aber auch in elektronischer Form erfolgen. Wie noch gezeigt wird, hat ein elektronischer Informationsfluss erhebliche Vorteile gegenüber traditionellen Medien.



Unter **EDI** (Abkürzung von engl.: electronic data interchange) versteht man den elektronischen Datenaustausch über Geschäftstransaktionen (Bestellungen, Rechnungen, Überweisungen, Warenerklärungen usw.) zwischen Betrieben. Die Daten werden in Form von strukturierten, nach vereinbarten Regeln formatierten Nachrichten übertragen. Dadurch ist es dem Empfänger möglich, die Daten direkt in seinen Anwendungsprogrammen weiterzuverarbeiten (Durchgängigkeit der Daten).

EDI ermöglicht einen raschen und verlässlichen Informationsfluss, wodurch der Zeitaufwand für Geschäftsvorfälle reduziert werden kann (Verkürzung des Lieferzyklus, schnellere Zahlungsabwicklung, Beschleunigung der Zollabfertigung von Waren). Diese Beschleunigung ist vor allem auf den *Entfall von Medienbrüchen* (engl.: media disruption), wie sie bei nicht elektronischer Datenübermittlung auftreten, zurückzuführen. Medienbrüche erfordern eine wiederholte manuelle Eingabe von Daten, was neben dem Zeitaufwand auch eine erhebliche Fehlerquelle darstellt. Bei EDI müssen dagegen dieselben Daten nur ein einziges Mal erfasst werden, was die Fehlerwahrscheinlichkeit verringert.

Der Begriff *EDI* steht dabei für eine Vielzahl von Standards und Abläufen zum Austausch elektronischer Dokumente. Durch EDI kann ein intensiverer Informationsfluss erzielt werden, was die Durchführung von Kooperationsmodellen mit den damit verbundenen Vorteilen bei Logistik und Marketing erleichtert beziehungsweise erst ermöglicht. Der Einsatz von EDI in einem Betrieb führt meist zu starken Veränderungen in der Logistik, in den Informationsströmen, den Arbeitsabläufen und den eingesetzten Programmen. Erst dadurch können deutliche Effizienzvorteile gewonnen werden. Wesentlich für einen erfolgreichen EDI-Einsatz sind deshalb vorausgehende Reorganisationsmaßnahmen.

EDI-Nachrichten sind nach ganz bestimmten *Strukturen und Formaten* aufgebaut, um von den Anwendungsprogrammen des Empfängers automatisch weiterbearbeitet werden zu können. Um aufwendige bilaterale Anpassungen

bei der Verbindung von EDI-Insellösungen mit branchen- oder bereichsspezifischen Regeln für den Aufbau von EDI-Nachrichten zu vermeiden, benötigt EDI einheitliche Normen für den Inhalt und die Syntax von elektronisch zu übertragenden Daten. Seit Anfang der 1980er Jahre arbeiten deshalb internationale Gremien an einer Vereinheitlichung der EDI-Verfahren, an ihrer Spitze die UNO. Ergebnis dieser Bestrebungen sind die EDIFACT-Normen.

EDIFACT (Abkürzung von engl.: electronic data interchange for administration, commerce and transport; elektronischer Datenaustausch für Verwaltung, Handel und Transport) bezeichnet eine aufeinander abgestimmte Grundgesamtheit internationaler Normen für die Darstellung von Geschäfts- und Handelsdaten beim elektronischen Datenaustausch zwischen Betrieben.



Standardisierte, branchenunabhängige EDI-Standards (wie EDIFACT oder ANSI X.12, ein Standard, der vor allem in den USA eingesetzt wird) sind sehr komplex und erfordern häufig relativ hohe Implementierungs- und Betriebskosten. Das führt dazu, dass viele vor allem kleine und mittelständische Unternehmen von einer EDI-Einführung mittels EDIFACT absehen. Das *Internet* mit seiner weiten Verbreitung, dem leichten Zugang und der weltweiten Infrastruktur hat bei der Diffusion von EDI wie ein Katalysator gewirkt und dem elektronischen Datenaustausch einen neuen Anstoß gegeben. Hierfür wurden in den vergangenen Jahren *eine Reihe neuer EDI-Standards* entwickelt beziehungsweise befinden sich noch in Entwicklung. Diese Standards sind einfacher aufgebaut und nicht nur maschinell verarbeitbar, sondern auch einfach mittels Webbrowser darstellbar. Ein praxisrelevanter Ansatz ist *XML/EDI*.

Die *Vorteile von XML für den elektronischen Datenaustausch* liegen unter anderem in der Einfachheit und Verständlichkeit der Standards. XML wurde für Internet-basierte Systeme entwickelt, und es besteht die einfache Möglichkeit, bilateral Datenaustauschformate zwischen zwei Geschäftspartnern zu definieren. Das größte Nutzenpotenzial von XML/EDI wird freilich nur dann erreicht werden, wenn sich eine Vielzahl von Geschäftspartnern auf eine einheitliche Definition von Dokumententypen einigen. Von Normungsgremien und Branchenverbänden wurden in den letzten Jahren eine Reihe solcher Standards entwickelt.

Genau in diesem Bereich liegen auch die *Nachteile von XML/EDI*. Die einfache Möglichkeit, Daten zu definieren, kann Unternehmen dazu verführen, individuelle Datendefinitionen zu vereinbaren, was dazu führt, dass ein Unternehmen parallel mehrere Datenformate zu verwalten hat. Dadurch können Geschäftsdatenstandards wiederum aufgeweicht werden und der Koordinationsaufwand zwischen den Unternehmen steigt wieder.

6.6.4 Komponenten von SCM-Standardsoftware

Grundvoraussetzung für die Optimierung einer Wertschöpfungskette ist immer eine *integrierte Informationsverarbeitung*, welche durch inner- und überbetriebliche integrierte Informationssysteme umgesetzt wird. Im Idealfall erfolgt dieser Informationsfluss möglichst zeitnah und erlaubt es somit den einzelnen Unternehmen in der Lieferkette, Probleme interaktiv so früh wie möglich zu erkennen und geeignete Gegenmaßnahmen zu ergreifen. Dazu eignen sich vor allem ERP-Systeme, die um zwischenbetriebliche Module erweitert sind. Komponenten von Supply-Chain-Management-Standardsoftware erlauben einen durchgängigen Informationsfluss zwischen den und innerhalb der Unternehmen in der Lieferkette.

Informationssysteme, die Supply-Chain-Management unterstützen, können grob in zwei Kategorien unterschieden werden: Informationssysteme für *Supply Chain Planning* (Planungsebene) und für *Supply Chain Execution* (Transaktions-ebene). Die Transaktionsebene wird oft von betriebswirtschaftlicher Standardsoftware, beispielsweise ERP-Systemen, abgedeckt. Viele Anbieter von Supply-Chain-Management-Software spezialisieren sich daher auf die übergeordnete Planungsebene. Über repräsentative Vergangenheitswerte und für die Zukunft geplante Absatzmengen wird eine Vorhersage ermittelt, auf der die nachfolgenden Planungsstufen aufbauen. Alle Module und Stufen sind miteinander verknüpft beziehungsweise werden bei der Planung berücksichtigt. Wenn beispielsweise aufgrund technischer Probleme Aufträge nicht erfüllt werden können, werden seitens des Systems Vorschläge erarbeitet, um Engpässe zu minimieren beziehungsweise zu beseitigen. Dadurch werden Ausführung und Planung eng miteinander gekoppelt. Der besondere Vorteil, der sich durch die Einbeziehung von ERP-Systemen ergibt, beruht auf der innerbetrieblichen Integration, die es erlaubt, dass solche Vorgänge an allen betroffenen Stellen des Unternehmens zeitnah nachvollzogen und gesteuert werden können. Abb. 6.19 gibt einen Überblick über SCM-Funktionen der SAP-Software.

Neben der Unterstützung der für die Lieferkette relevanten Funktionsbereiche können SCM-Komponenten betrieblicher Standardsoftware auch die Informationstransparenz und Datenqualität erhöhen. Eine hierfür gut geeignete Technik ist die Radiofrequenzidentifikation (RFID). Mittels RFID-Funketiketten ist es beispielsweise einfach möglich, Waren zurückzuverfolgen oder die Bestandshaltung noch zeitnäher darzustellen. Neben der automatisierten Erfassung der Daten durch Einlesen der auf den RFID-Chips enthaltenen Information ist auch die Integration und Verarbeitung der eingelesenen Daten durch das Informationssystem zu gewährleisten.

Bedarfs- und Lieferplanung (Demand and Supply Management)	Bedarfsplanung und Prognose (Demand Planning and Forecasting)	Planung des Sicherheitsbestands (Safety Stock Planning)	Planung des Lieferpartnernetzwerks (Supply Network Planning)	Distributionsplanung (Distribution Planning)	Serviceteileplanung (Service Parts Planning)
Beschaffung (Procurement)	Strategische Beschaffung (Strategic Sourcing)		Abwicklung von Kaufaufträgen (Purchase Order Processing)		Abrechnung (Invoicing)
Produktion (Manufacturing)	Produktionsplanung und detaillierte Terminierung (Production Planning and Detailed Scheduling)		Transparenz in Produktion, Ausführung und Zusammenarbeit (Manufacturing Visibility and Execution and Collaboration)		MRP-basierte Detailplanung (MRP-based Detailed Scheduling)
Lagerhaltung (Warehousing)	Wareneingang und Empfangsbestätigung (Inbound-Processing and Receipt Confirmation)	Warenausgang (Outbound Processing)	Cross-Docking	Lagerhaltung und Bestandsmanagement (Warehousing and Storage)	Physische Lagerhaltung (Physical Inventory)
Auftragsabwicklung (Order Fulfillment)	Abwicklung von Verkaufsaufträgen (Sales Order Processing)		Rechnungslegung (Billing)		Serviceteile-Auftragsabwicklung (Service Parts Order Fulfillment)
Transport (Transportation)	Frachtmanagement (Freight Management)	Planung und Versand (Planning and Dispatching)	Kalkulation, Rechnungslegung und Zahlung (Rating, Billing and Settlement)	Personal- und Fuhrparkeneinsatz (Driver and Asset Management)	Zusammenarbeit mit Geschäftspartnern (Network-Collaboration)
Abbildung der Realität (Real World Awareness)	Prozessunterstützung (Supply Chain Event Management)			Auto-ID/RFID und Sensorintegration (Auto-ID/RFID and Sensor Integration)	
Transparenz in der Lieferkette (Supply Chain Visibility)	Strategisches Design der Lieferkette (Strategic Supply Chain Design)	Lieferkettenanalysen (Supply Chain Analytics)	Risikomanagement in der Lieferkette (Supply Chain Risk Management)	Planung von Absatz und Transaktionen (Sales and Operations Planning)	
Zwischenbetriebliche Zusammenarbeit (Supply Network Collaboration)	Zusammenarbeit mit Lieferanten (Supplier Collaboration)		Zusammenarbeit mit Kunden (Customer Collaboration)		Auslagerung der Produktion (Outsourced Manufacturing)
Supply-Chain-Management mit Duet (Supply Chain Management with Duet)	Bedarfsplanung mit einem Tabellenkalkulationsprogramm (Demand Planning)				

Abb. 6.19: Übersicht über die von SAP SCM unterstützten Funktionsbereiche

Die wichtigsten Punkte

1. Außenwirksame Informationssysteme bilden die Grundlage für Geschäftsmodelle im E-Commerce und tragen zu dem Erreichen von Netzwerkeffekten bei.
2. Außenwirksame Informationssysteme sind meist über Portale zugänglich und stellen Hilfs- und Zusatzdienste zur Verfügung, beispielsweise für die Suche im Internet, die Nutzung

von virtuellen Gemeinschaften, die Unterstützung der Vertrauensbildung und die Bezahlung.

3. Elektronische Märkte helfen bei der Abwicklung von Markttransaktionen, insbesondere mithilfe von Auktionssystemen, Ausschreibungssystemen und Börsensystemen.
4. Kundenbeziehungsmanagementsysteme dienen der Gewinnung von Kundendaten und deren Nutzung zur Unterstützung des Marketings.
5. Konsumenteninformationssysteme stellen Funktionalität für die Produkt- und Programmpolitik, die Preispolitik, die Distributionspolitik und die Kommunikationspolitik im B2C-Bereich bereit.
6. Zwischenbetriebliche Informationssysteme unterstützen das Supply-Chain-Management im B2B-Bereich, unter anderem den elektronischen Datenaustausch.



Übungs- und Lehrmaterialien zu diesem Kapitel finden Sie im Web über den abgebildeten QR-Code. Richten Sie Ihre Smartphone- oder Tablet-Kamera auf das nebenstehende Bild, um zu den Inhalten zu gelangen.

Literatur

- APICS Supply Chain Council: Framework SCOR 12.0, Chicago, IL 2017 (<http://www.apics.org>)
- S. Chopra, P. Meindl: Supply Chain Management. Strategie, Planung und Umsetzung, 5. Auflage, Pearson Deutschland, Hallbergmoos 2014.
- R. Clement, D. Schreiber: Internet-Ökonomie: Grundlagen und Fallbeispiele der vernetzten Wirtschaft, 3. Auflage, Gabler Verlag, Wiesbaden 2016.
- A. Graf, H. Schneider: Das E-Commerce Buch: Marktanalysen – Geschäftsmodelle – Strategien, 2. Auflage, dfv Mediengruppe, Frankfurt a. M. 2017.
- T. Kollmann: E-Business: Grundlagen elektronischer Geschäftsprozesse in der Digitalen Wirtschaft, 6. Auflage, Gabler Verlag, Wiesbaden 2016.
- R. Nieschlag, E. Dichtl, H. Hörschgen: Marketing, 19. Aufl., Duncker und Humblot, Berlin 2002.
- M. E. Porter: Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance. Macmillan, New York 1985.
- B. F. Schmid: Elektronische Märkte. In: Handbuch Electronic Business. Gabler Verlag, Wiesbaden 2000. S. 179–207.
- C. Shapiro, H. R. Varian: Information Rules: A Strategic Guide to the Network Economy, Harvard Business Press, Boston, MA 1998.
- P. C. Verhoef: Understanding the Effect of Customer Relationship Management Efforts on Customer Retention and Customer Share Development, *Journal of Marketing*, 67.4 (2003), S. 30–45.
- B. W. Wirtz: Electronic Business, 6. Auflage, Springer Gabler, Wiesbaden 2018.

7 Managementunterstützungssysteme

- 7.1 Betriebliche Entscheidungen — 280
 - 7.2 Methodische Grundlagen des Data-Science — 283
 - 7.2.1 Regressionsanalyse — 286
 - 7.2.2 Klassifikation — 288
 - 7.2.3 Segmentierung — 288
 - 7.2.4 Assoziationsanalyse — 290
 - 7.2.5 Neuronale Netze — 291
 - 7.2.6 Text-Mining — 294
 - 7.2.7 Simulation — 295
 - 7.3 Klassische Entscheidungsunterstützungssysteme — 296
 - 7.3.1 Komponenten von Entscheidungsunterstützungssystemen — 296
 - 7.3.2 Fallstudie „Regaloptimierung im Einzelhandel“ — 298
 - 7.4 Business-Intelligence-Systeme — 302
 - 7.4.1 Data-Warehouse, Data-Mart und Data-Lake — 303
 - 7.4.2 Abfrage- und Berichtssysteme — 308
 - 7.4.3 Multidimensionale Datenmodelle und Online Analytical Processing (OLAP) — 309
 - 7.4.4 Kennzahlenbasierte Leistungsmessung — 311
 - 7.4.5 Fallstudie „SPAR AG“ — 315
 - 7.5 Konzeptorientierte, vorkonfigurierte Managementunterstützungssysteme — 320
 - 7.5.1 Analytische Anwendungssysteme — 320
 - 7.5.2 Topmanagementinformationssysteme — 324
 - 7.5.3 Betriebsweite Steuerungssysteme — 325
- Die wichtigsten Punkte — 329
Literatur — 330

Kapitelübersicht

Dieses Kapitel behandelt Managementunterstützungssysteme. Diese Systeme spielen eine wesentliche Rolle bei der Vorbereitung von betrieblichen Entscheidungen seitens des Managements. Um die Möglichkeiten solcher Systeme verstehen zu können, werden drei Bereiche der Managementunterstützung betrachtet. Klassische Entscheidungsunterstützungssysteme stellen Methoden und Modelle bereit, die es ermöglichen, Prognosen, Optimierungen und Simulationen zu erstellen. Business-Intelligence-Systeme helfen bei der Integration von verschiedenen Datenquellen, der Auswertung und der Bereitstellung von Berichten. Konzeptorientierte, vorkonfigurierte Managementunterstützungssysteme sind auf spezielle Managementaufgaben zugeschnitten.

Lernziele

Ziel dieses Kapitels ist der Erwerb von Kenntnissen über die grundlegenden Konzepte von Managementunterstützungssystemen. Nach dem Durcharbeiten dieses Kapitels sollten Sie

- die strategische, taktische und operative Entscheidungsebene abgrenzen können,
- den Einsatz von Entscheidungsmodellen und Methoden des Data-Science im betrieblichen Kontext veranschaulichen können,
- die Merkmale eines Data-Warehouses beschreiben können,
- typische Einsatzgebiete von analytischen Anwendungssystemen beschreiben können,
- die Nutzung von Topmanagementinformationssystemen veranschaulichen können und
- betriebliche Steuerungssysteme beschreiben können.

7.1 Betriebliche Entscheidungen

„*Management*“ ist der auch im deutschen Sprachraum gebräuchliche englische Begriff für die Führung sowie die Führungskräfte von Betrieben. Manager treffen Entscheidungen, um Probleme zu lösen. Dazu gehören das Erkennen von Problemen (Entscheidungsnotwendigkeiten), das Finden und Beurteilen von Handlungsalternativen, die Wahl der besten Alternative und deren Umsetzung. Zur Durchsetzung seiner Entscheidungen hat ein Manager Anweisungsbefugnisse für die ihm unterstellten Mitarbeiter. Er kann seine Entscheidungskompetenz und die zugehörige Verantwortung delegieren, wird aber dadurch nicht von seiner Verantwortung befreit. Dementsprechend muss er seinen Mitarbeitern vertrauen und die Realisierung seiner Vorgaben kontrollieren. Managementunterstützungssysteme bezeichnen solche Systeme, die Information für das Management sammeln, transformieren und bereitstellen.



Unter einem **Managementunterstützungssystem** (Abkürzung: MUS; Synonyme: Führungsinformationssystem, Managementinformationssystem, Abkürzung: MIS; engl.: management support system oder management information system) versteht man ein rechnergestütztes Informationssystem, das für Führungskräfte eine adäquate Informationsversorgung und Entscheidungsunterstützung bietet. Mit „adäquat“ sind einerseits die aufgabengerechten Informationsinhalte und andererseits die benutzergerechte, dem Stil des Managements entsprechende Präsentation und Bedienungsfreundlichkeit gemeint.

Nach der hierarchischen Ebene, auf der die Führungskräfte tätig sind, unterscheidet man das *obere* (engl.: top), das *mittlere* (engl.: middle) und das *untere* (engl.: lower) Management.

Das *Topmanagement* hat strategische Aufgaben; das heißt, es hat in Abhängigkeit von der jeweiligen Situation richtungsweisende Entscheidungen von großer Tragweite zu treffen. Diese betreffen die Vorgabe von Zielen und Strategien sowie die Allokation knapper Ressourcen (Budgets, Stellen). Viele dieser Entscheidungen müssen unter großer Unsicherheit getroffen werden. Hierzu muss das Topmanagement den Überblick über den Betrieb und seine Umwelt bewahren und frühzeitig Probleme erkennen. Oft ist auch auf unerwartete Ereignisse zu reagieren.

Strategische Entscheidungen in einem *Lebensmittelfilialbetrieb* könnten zum Beispiel die Internationalisierung des Unternehmens, den Bau eines neuen Distributionszentrums, die Grundsatzentscheidungen bezüglich der Sortimentspolitik (zum Beispiel: Frischfleisch ja oder nein?) und Preispolitik (zum Beispiel bei einem Discounter: Preise grundsätzlich mindestens 5 Prozent unter den Preisen der Mitbewerber), die Zusammenarbeit mit Marktpartnern (zum Beispiel Einkaufskooperation) oder den Einstieg ins Internet mit Hauszustellung betreffen. B

Für solche Entscheidungen wird Information mit Vorhersagecharakter benötigt, die sich auf einen mittel- bis langfristigen Planungshorizont bezieht. Daten über die Konjunktur, die Konkurrenz und sonstige externe Sachverhalte spielen eine wesentliche Rolle. Die Angaben müssen normalerweise nicht besonders detailliert sein. Vielmehr werden vor allem aggregierte (aufsummierte) und periodenbezogene Daten benötigt.

Führungskräfte der mittleren Ebene sind dafür verantwortlich, die strategischen Vorgaben umzusetzen. Das umfasst das Treffen von Entscheidungen über den Mitteleinsatz, die Lösung finanzieller und personeller Probleme sowie die Definition von taktischen Zielen, Methoden und Grundsätzen.

Taktische Entscheidungen in einem *Lebensmittelfilialbetrieb* betreffen zum Beispiel die Ladeneinrichtung neuer Filialen, die Durchführung von Werbekampagnen, die Auswahl von Lieferanten, die Rabattgestaltung, die Gewinnung von Verkaufspersonal sowie die Zuweisung und Kontrolle von Budgets der Zentralabteilungen und Verkaufsregionen. B

Die Informationsanforderungen liegen zwischen denen der strategischen und operativen Entscheidungen. Im Gegensatz zu letzteren stehen nicht primär Verrichtungen, sondern Subjekte, geografische Gebiete und Objekte – beispielsweise Lieferanten, Kunden, Absatzgebiete, Produkte usw. – im Vordergrund.

Entscheidungen auf operativer Ebene fallen laufend im Tagesgeschäft an. Sie sind üblicherweise gut strukturiert und lassen sich somit oft routinemäßig fällen.

B

Zum *Beispiel*: Welche Artikel müssen in welcher Menge nachbestellt werden? Bei welchem der gelisteten Lieferanten? Soll für die Belieferung der Filiale X eine Extratour gefahren werden?

Die für die operativen Entscheidungen erforderliche Information stammt vorwiegend aus internen Quellen, die Ergebnisse gehen in die internen Leistungsprozesse ein. Deshalb muss die Information möglichst zeitnah die realen Abläufe widerspiegeln. Sie bezieht sich auf vergangene und gegenwärtige Geschäftsvorfälle in einem relativ engen, funktionsspezifischen Bereich.

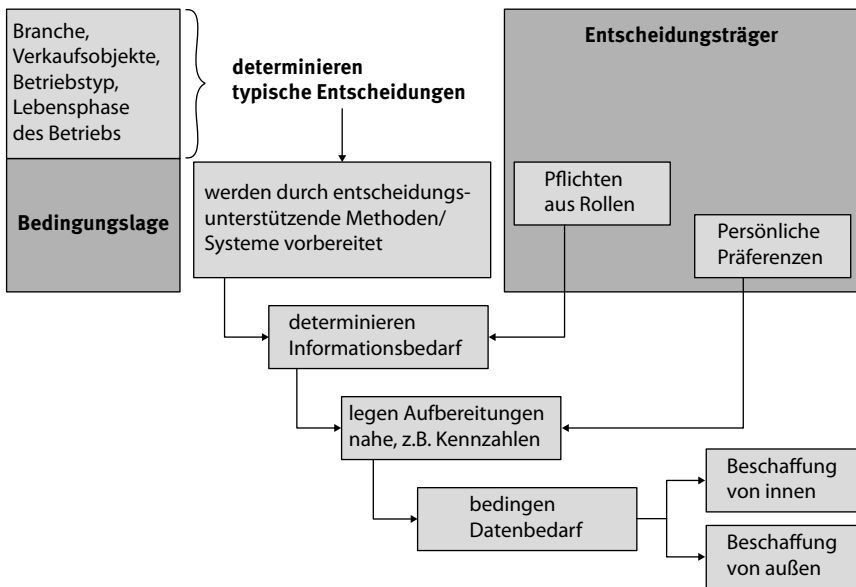


Abb. 7.1: Entscheidungsarchitektur nach Mertens und Meier (2009)

Betriebliche Entscheidungen werden durch die jeweilige Bedingungs-lage (Branche, Verkaufsobjekte, Betriebstyp, Lebensphase des Betriebs) beeinflusst (siehe Abb. 7.1). Diese Entscheidungen können auf allen Ebenen durch Abfrage- und Berichtssysteme sowie durch *Entscheidungsunterstützungssysteme* vorbereitet werden. Entscheidungsunterstützungssysteme beinhalten mathematische Methoden und Modelle zur Lösung komplexer Fragestellungen. Diese Systeme bieten je nach Entscheidungsgegenstand typische Auswertungen an, die von den jeweiligen Entscheidungsträgern (Rollen, Präferenzen) angefordert werden. Die von den Abfrage- und Berichtssystemen sowie den Entscheidungsunterstützungssystemen benötigten Daten sollten möglichst automatisch von internen und externen Quellen (zum Beispiel aus den internen und au-

benwirksamen Informationssystemen) besorgt werden. Ist dies nur begrenzt möglich, können die Daten von Dritten (Marktforschungsinstituten usw.) beschafft werden.

Systeme für die Unterstützung des Managements lassen sich allgemein in drei Kategorien einordnen, die wir in den folgenden Abschnitten genauer betrachten.

- *Klassische Entscheidungsunterstützungssysteme* arbeiten meist modellbasiert.
- Bei *Business-Intelligence-Systemen* spielt die Aufbereitung von Daten aus verschiedenen Quellen eine wichtige Rolle. Daher werden diese Systeme auch als datenbasiert bezeichnet.
- Darüber hinaus gibt es verschiedene *konzeptorientierte und vorkonfigurierte Systeme*, die für spezifische Managementaufgaben zum Einsatz kommen.

Die methodischen Grundlagen für diese Systeme werden unter dem Begriff *Data-Science* zusammengefasst.

7.2 Methodische Grundlagen des Data-Science

Betriebliche Entscheidungen bedürfen einer fundierten Grundlage. Methoden des Data-Science spielen dabei eine wichtige Rolle.

Data-Science (unübliche deutsche Übersetzung: Datenwissenschaften) bezeichnet die Lehre von der Extraktion von Sachverhalten durch die Aufbereitung und Analyse von sehr großen, heterogenen Datenbeständen, um daraus Handlungsempfehlungen für das Management abzuleiten.



Das Ziel der betrieblichen Anwendung von Data-Science ist die Beschreibung, Diagnose und Vorhersage (engl.: analytics) bisher unbekannter Zusammenhänge, Muster und Trends. Um dieses Ziel zu erreichen,

- wird Evidenz aus Daten der Vergangenheit gesammelt („Was ist passiert?“, engl.: descriptive analytics),
- es werden Zusammenhänge ermittelt („Warum ist es passiert?“, engl.: diagnostic analytics),
- es wird das Eintreten von künftigen Ereignissen abgeschätzt („Was wird passieren?“, engl.: predictive analytics) und
- es werden Handlungsempfehlungen aus diesen Sachverhalten abgeleitet („Was kann oder soll ich tun“, engl.: prescriptive analytics).

Hierfür bietet Data-Science einen integrativen Ansatz, der unter anderem Inhalte aus den Referenzdisziplinen Statistik, Operations Research und Informatik (Künstliche Intelligenz und andere Teilgebiete) integriert.

Methoden aus der Statistik und der Informatik sind beispielsweise Regression, Prognoserechnung, Klassifikation, Clustering, Text-Mining oder Process-Mining. Viele dieser Methoden werden auch unter dem Begriff Data-Mining zusammengefasst.



Als **Data-Mining** (engl.: data mining; unübliche deutsche Übersetzung: Datenbergbau) bezeichnet man die softwaregestützte Ermittlung bisher unbekannter Zusammenhänge, Muster und Trends aus umfangreichen Datenbeständen (beispielsweise aus einem Data-Warehouse). Data-Mining wird als integrierter Prozess verstanden, um systematisch Abweichungen, Abhängigkeiten und Gruppen in Gesamt- oder Teildatenbeständen zu finden.

Operations Research (Abkürzung: OR, unübliche deutsche Übersetzung: Optimierungsrechnung) ist die Wissenschaftsdisziplin, die sich mit dem Einsatz mathematischer Methoden zur Lösung betriebswirtschaftlicher Probleme befasst, beispielsweise mithilfe der Optimierung und der Simulation.



Beispiele hierfür sind die Ermittlung des optimalen Produktionsprogramms (zu produzierende Mengen von verschiedenen Produkten) unter Berücksichtigung von Kapazitätsengpässen bei Maschinen, oder auch die Erstellung von Arbeitsplänen (Zuteilung von Arbeitern zu Zeitintervallen) bei Schichtbetrieben. Zur Terminplanung bei Projekten werden oft Netzpläne herangezogen.

Gleichmaßen greift Data-Science auf Methoden und Modelle der Künstlichen Intelligenz zurück, wie beispielsweise evolutionäre Algorithmen, Verfahren des maschinellen Lernens, Agentensysteme, deduktive Datenbanksysteme, Expertensysteme, Fallbasiertes Schließen, Fuzzy-Systeme, Robotik sowie das maschinelle Verstehen von natürlicher Sprache und Bildern (Sprecheridentifikation, Spracherkennung, Bildanalyse und Bildverstehen).



Die **Künstliche Intelligenz** (engl.: artificial intelligence) ist ein Bereich der Informatik, der sich mit der symbolischen Wissensrepräsentation und Methoden zur symbolischen Problemlösung durch Rechner befasst. Vereinfacht gesagt handelt es sich um den Versuch, sich mit Rechnern den Intelligenzleistungen von Menschen anzunähern.

Den Begriff des *Modells* haben wir bereits in Kapitel 4 vorgestellt, dort im Zusammenhang mit grafischen Modellierungssprachen. Data-Science versteht unter einem Modell ebenfalls eine vereinfachende und zweckorientierte Abbildung eines Sachverhalts, bedient sich allerdings anstelle von grafischen Notationen

meist mathematisch-formaler Beschreibungsformen. Mithilfe von *Methoden* kann man Modelle aus Daten ableiten oder Modelle analysieren.

Eine **Methode** (engl.: method) beschreibt eine systematische Vorgehensweise zur Lösung eines Problems. Ist diese Verfahrensvorschrift exakt und vollständig formuliert, so handelt es sich um einen **Algorithmus** (engl.: algorithm). Ein Algorithmus definiert, wie Inputgrößen bei einem gegebenen Zielsystem in Outputgrößen umzuwandeln sind.



Modelle beschreiben somit reale Problemstellungen, Methoden bieten Vorgehensweisen zu ihrer Lösung. Zu den Aufgaben eines *Data-Scientists* gehören die Modellbildung (Modellauswahl, Modellerstellung), die Modellauswertung und die Ergebnisdarstellung (Gestaltung von Berichten und Geschäftsgrafiken, geografische Analysen, Dashboards).

An dieser Stelle können wir nicht annähernd sämtliche Methoden des Data-Science vorstellen. Wir beschränken uns im Folgenden auf eine Auswahl von grundlegenden Methoden. Viele dieser Methoden haben in den vergangenen Jahren stark an Bedeutung gewonnen. Dazu gehören insbesondere Methoden des *maschinellen Lernens*. Abb. 7.2 bietet einen Überblick über ausgewählte Verfahren des maschinellen Lernens.

Maschinelles Lernen (engl.: machine learning) umfasst eine Reihe von Verfahren der Mustererkennung, die auf Techniken der Statistik und der mathematischen Optimierung aufbauen.



Im Bereich des maschinellen Lernens unterscheidet man *überwachtes* und *nicht überwachtes Lernen*. *Überwachte Lernverfahren* (engl.: supervised learning) nutzen große Mengen von Trainingsdaten, die aus Eingabewerten (unabhängige Variable, Basisvariable) und Ausgabewerten (abhängige Variable, Zielvariable) bestehen, um einen Zusammenhang zwischen den Ein- und Ausgabewerten festzustellen. Stammen die Ausgabewerte aus einer endlichen Menge (beispielsweise dichotome Werte, Kategorien), so entspricht das der Klassifikation, stammen die Ausgabewerte aus einer *unendlichen Menge* (reale Zahlen), so entspricht das der Regression. Durch das überwachte Lernverfahren wird ein Zusammenhang zwischen den gegebenen Ein- und Ausgabewerten in einem Lernschritt (Trainingsphase) ermittelt („gelernt“). Später auf weitere Eingabewerte angewendet können diese zur Schätzung von Ausgabewerten genutzt werden („Anwendung des Erlernten“).

Bei *überwachten Lernverfahren* werden Trainingsdaten genutzt, die von einem Menschen geprüft wurden (engl.: ground truth). Bei *nicht überwachten Lernverfahren* (engl.: unsupervised learning) werden dem Computer nur die Ein-

gabewerte (also unabhängige Variablen) übergeben. Der Rechner versucht, in den Eingabewerten Muster basierend auf Ähnlichkeiten zu ermitteln und die ermittelten Ähnlichkeiten als Lösung zu präsentieren. Zu den nicht überwachten Verfahren gehören verschiedene Clustering-Verfahren, wie beispielsweise das später vorgestellte Verfahren der Segmentierung. Eine weitere spezielle Form des maschinellen Lernens ist das *bestärkende Lernen* (engl.: reinforcement learning), bei dem der Rechner im Sinne des nicht überwachten Lernens Lösungen ermittelt. Für diese Lösungen erhält der Algorithmus ein positives oder negatives Feedback, das in weitere Berechnungen einfließt.

B

Bestärkendes Lernen findet beispielsweise in der Bildverarbeitung Anwendung, bei denen Gesichter mit Namen assoziiert werden, und der Rechner daraus Vorschläge ermittelt, auf welchen Bildern die gleiche Person zu finden ist. Wenn ein Benutzer einen Vorschlag bestätigt, fließt dies als Bestärkung in künftige Berechnungen ein.

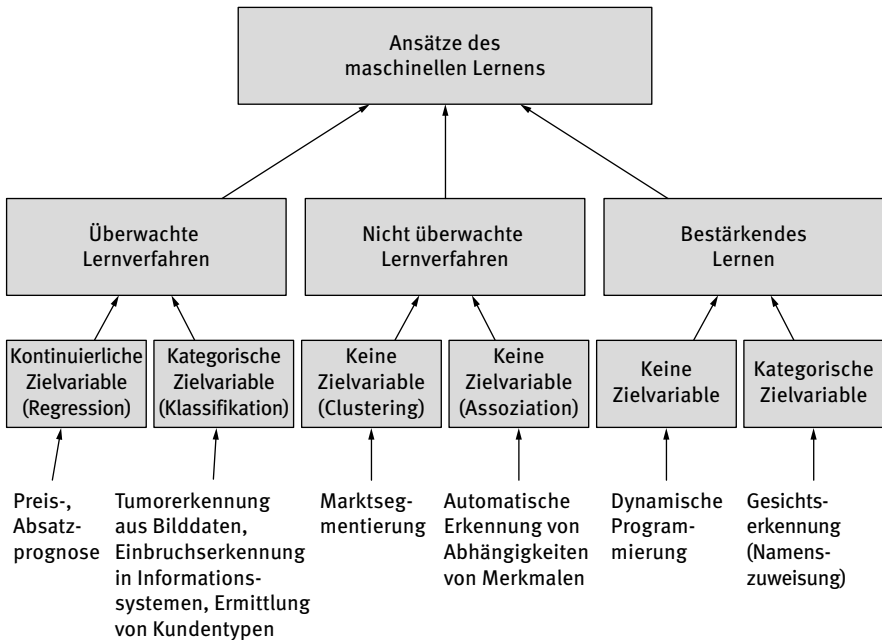


Abb. 7.2: Verschiedene Ansätze des maschinellen Lernens

7.2.1 Regressionsanalyse

!

Unter einer **Regressionsanalyse** (engl.: regression analysis) versteht man ein statistisches Verfahren, um die Beziehung zwischen einer abhängigen und verschiedenen unabhängigen Variablen zu bestimmen.

Eine solche abhängige Variable kann die Anzahl der Punkte in der Klausur Wirtschaftsinformatik sein. Betrachten wir als unabhängige, erklärende Variablen die Anzahl der besuchten Termine der Lehrveranstaltung Wirtschaftsinformatik und die Stunden der Lektüre des begleitenden Lehrbuchs. Durch eine Umfrage nach der Klausur erhalten wir folgende Werte.

B

Student	Klausurpunkte (P)	Anzahl besuchte Lehrveranstaltungstermine (LV)	Stunden Lektüre (h)
A	89	12	20
B	64	8	15
C	75	9	18
D	95	12	22

Die Regressionsanalyse bestimmt die Funktionsgleichung $P = -0,95 + 2,74 \times LV + 2,86 \times h$ als beste Annäherung, um die Klausurpunkte aus der Vorlesungsteilnahme und dem Lektüreaufwand zu bestimmen. Die mit der Regressionsanalyse abgeleitete Funktion ermöglicht Prognosen.

Unter einer **Prognose** (engl.: prediction, forecast) versteht man eine begründete Vorhersage eines zukünftigen Zustands, die auf Messung, Erfahrung oder Simulation beruht.

!

Betrachten wir als Beispiel einen Lebensmittelsupermarkt, der Bäckereiprodukte selbst disponieren darf. Zur Bestelldisposition von Brötchen setzt der Filialleiter eine einfache adaptive Vorhersagemethode ein, die als exponentielle Glättung bezeichnet wird. Im Wesentlichen werden für Brötchen konstante Absatzprofile pro Woche unterstellt. Das heißt, im Schnitt verkauft der Betrieb jeden Montag, jeden Dienstag, ..., jeden Samstag gleich viele Brötchen. Manchmal, zum Beispiel durch Zuzug neuer Mieter in der Nähe fertig gestellter Wohnhäuser, verändert sich das Nachfrageniveau. Zur Prognose setzt er folgende adaptive Methode für jeden Wochentag getrennt ein: $P_{t+1} = 0,6 \times P_t + 0,4 \times X_t$. Dabei kennzeichnen die Variablen P_t den prognostizierten Absatz und X_t den tatsächlichen Absatz eines bestimmten Tags in Woche t . Die Parameter 0,6 und 0,4 wurden aufgrund von historischen Daten geschätzt.

B

In den großen Softwarepaketen zur Unterstützung der betrieblichen Leistungsprozesse (siehe Kapitel 5) stehen verschiedene Prognosemethoden zur Verfügung. Bei Tausenden von Artikeln – wie beispielsweise im Lebensmittelhandel – kommen meist relativ einfache Methoden zum Einsatz, die automatisch aufgrund des bisherigen Absatzverlaufs vom System vorgeschlagen werden. Je umfangreicher das Investitionsvolumen, desto mehr lohnt sich ein größerer Aufwand zur Erfolgsprognose. In speziellen Statistikpaketen gibt es eine größere Zahl anspruchsvoller Prognosemethoden, die eine umfassende Berücksichtigung der Bedingungs-lage erlauben.

Prognosemodelle können unter anderem mithilfe der Regressionsanalyse erstellt werden. Bei zeitlichen Abhängigkeiten zwischen einzelnen Werten spricht

man von *Zeitreihenanalyse* (engl.: time series analysis). Diese umfasst Methoden wie beispielsweise das Holt-Winters-Verfahren zur exponentiellen Glättung und die fortgeschrittenen ARMA-Verfahren. Beim Holt-Winters-Verfahren werden Prognosewerte aus historischen Werten auf eine Art berechnet, bei dem aktuelle Werte mit einem exponentiell höheren Gewicht berücksichtigt werden. Beim *ARMA-Verfahren* (engl.: autoregressive moving average, deutsch: rückbezügliche gleitende Mittel) wird der aktuelle Wert aus gewichteten, gleitenden Mitteln der Vorperioden modelliert. Mit den resultierenden Modellen können Prognosewerte für zukünftige Perioden berechnet werden.

7.2.2 Klassifikation

! Unter **Klassifikation** (engl.: classification) versteht man Verfahren, die ein dichotomes oder kategoriales Merkmal mithilfe von verschiedenen unabhängigen Variablen erklären. Dichotome Merkmale werden durch zwei entgegengesetzte Werte beschrieben, wie beispielsweise „gut“ und „schlecht“ oder „ja“ und „nein“. Kategoriale Merkmale haben einen abzählbaren Wertebereich, wie beispielsweise die Menge der Grundfarben mit den Werten „rot“, „gelb“ und „blau“.

Gemäß dieser Definition lässt sich die Klassifikation als eine spezielle Ausprägung der Regression verstehen. In der Tat gibt es Regressionsverfahren, wie die *logistische Regression* (engl.: logistic regression), bei der die abhängige Variable dichotom, das heißt zweiwertig, ist. Es gibt allerdings auch andere Verfahren zur Klassifikation, die man nicht als Regression bezeichnen würde, wie beispielsweise die in Kapitel 4 vorgestellten Entscheidungstabellen.

B In einer Bank sollen die Kunden aufgrund ihrer Kredithistorie, ihres Einkommens, ihres Vermögens usw. in die Bonitätsstufen A, B und C eingeteilt werden. „Bonitätsstufe“ ist das hier zu erklärende kategoriale Merkmal.

7.2.3 Segmentierung

! Unter **Segmentierung** (engl.: clustering, auch Ballungsanalyse) versteht man algorithmische Verfahren, die Ähnlichkeiten zwischen Datenelementen erkennen und diese in Ähnlichkeitsgruppen (engl.: cluster) zusammenfassen.

Im betrieblichen Kontext gibt es eine Vielzahl von Anwendungsfällen für die Segmentierung. Im Gegensatz zur Klassifikation sind die Gruppen nicht vorher bekannt. Es gibt Verfahren, die mit einer vorgegebenen Anzahl von Segmenten

arbeiten oder die Anzahl der Segmente aufgrund von Eigenschaften der Daten bestimmen.

Als Beispiel für den Nutzen der Segmentierung beschreiben wir einen typischen Einsatz im Direktmarketing, wieder anhand eines Lebensmittelfilialbetriebs. Unser Betrieb hat als kundenbindende Maßnahme Kundenkarten eingeführt, bei deren Benutzung ein Preisnachlass von drei Prozent gewährt wird. Vor oder nach Erfassen der Artikel an der Scannerkasse identifiziert sich der Käufer mit seiner Kundenkarte. Damit können ihm seine Einkäufe, deren Artikelnummern während des Einscannens erfasst werden, automatisch zugeordnet werden. Eine Auswertungsmöglichkeit besteht darin, eine Kundensegmentierung zu erstellen, also Kunden mit ähnlichem Kaufverhalten einer gemeinsamen Gruppe zuzuordnen. Als Vorbereitung für einen solchen Schritt werden zunächst die einzelnen Artikel den jeweiligen Artikelgruppen zugeteilt und pro Kunde für eine bestimmte Zeitperiode die Einkäufe gezählt. Wenn man die Einkäufe verschiedener Kunden vergleicht, fällt auf, dass einige eher billigere Produkte und andere vergleichsweise teurere Artikel gekauft haben. Unterzieht man die Daten nun einer Clusteranalyse, erhält man eine Gruppierung der hinsichtlich ihrer Einkäufe „ähnlichen“ Konsumenten sowie für jede Gruppe ein Variablenprofil (Abb. 7.3 zeigt die Ausprägung zweier einzelner Dimensionen, beispielsweise die durchschnittliche Anzahl der gekauften „Milchprodukte“, von „Schweinefleisch“ usw.). Für die identifizierten Gruppen können nun zum Beispiel unterschiedliche Angebotsprospekte erstellt und im Rahmen von Postzusendungen jedem einzelnen Kunden zugeschickt werden.

B

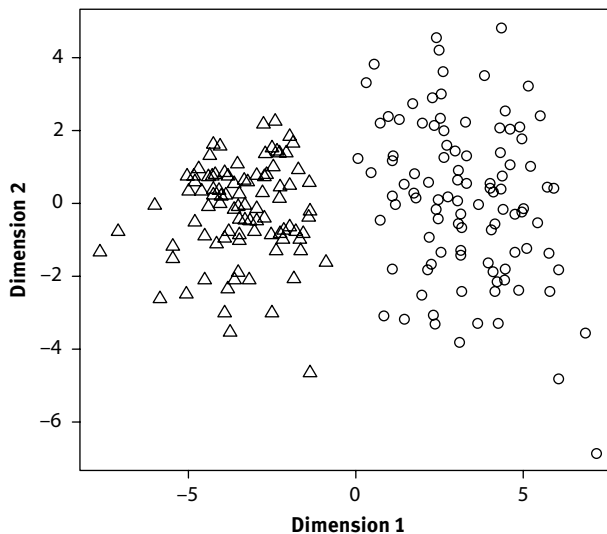


Abb. 7.3: Visualisierung der Kundengruppen. Dreiecke entsprechen den preisbewussten und Kreise den ausgabefreudigeren Käufern

7.2.4 Assoziationsanalyse

Eine alternative Möglichkeit der Auswertung von Kundendaten besteht nun darin, im Rahmen sogenannter Warenkorbanalysen festzustellen, welche Artikel gerne gemeinsam gekauft werden, um die Präsentation der Produkte in den Regalen entsprechend anzupassen. Solche Zusammenhänge werden auch als Assoziationen bezeichnet und sind Gegenstand der Assoziationsanalyse. Ihr Ziel ist es, bisher unbekannte Assoziationsregeln aufzudecken. Das Ergebnis sind dann Regeln der Form „Wenn Produkt A gekauft wird, dann hat das zur Folge, dass auch Produkt B gekauft wird“.

! Eine **Assoziationsregel** (engl.: association rule) beschreibt den Zusammenhang von Merkmalen (engl.: item) in einer Menge von Transaktionen. Als Eingabe dient eine Menge von beobachteten Transaktionen. Ausgabe sind Assoziationsregeln der Form „Eingabemerkmale → Ausgabemerkmale“. Die Güte einer Assoziationsregel kann anhand der Kennzahlen *Support* (deutsch: Unterstützung), *Confidence* (deutsch: Vertrauen) und *Lift* (deutsch: Hebel) gemessen werden. $Support(X)$ beziffert wie oft die Menge der Merkmale X gemeinsam beobachtet wird, $Confidence(X \rightarrow Y)$ misst das Vertrauen in das Ergebnis als $Support(X \cup Y) / Support(X)$. $Lift(X \rightarrow Y)$ gibt an, wie interessant eine Regel ist, berechnet als $Support(X \cup Y) / Support(X) \times Support(Y)$.

B In unserem Lebensmittelfilialbetrieb werden Transaktionen mit folgenden Produkten aufgezeichnet:

1. Milch, Butter
2. Brot
3. Saft, Brot
4. Milch, Brot, Saft
5. Milch, Saft, Butter

Auf Basis dieser Daten können wir nun Support, Confidence und Lift für folgende Assoziationsregeln bestimmen:

Milch → Butter:

$Confidence(Milch \rightarrow Butter) = Support(Milch, Butter) / Support(Milch) = 2/3$

$Lift(Milch \rightarrow Butter) = Support(Milch, Butter) / Support(Milch) \times Support(Butter) = 2 / (3 \times 2)$

Saft, Brot → Milch:

$Confidence(Saft, Brot \rightarrow Milch) = Support(Saft, Brot, Milch) / Support(Saft, Brot) = 1/2$

$Lift(Saft, Brot \rightarrow Milch) = Support(Saft, Brot, Milch) / Support(Saft, Brot) \times Support(Milch) = 1 / (2 \times 3)$

Auf Basis dieser Kennzahlen lässt sich Milch → Butter mit Confidence = 2/3 und Lift = 1/3 als bessere Regel identifizieren.

Typischerweise wird diese Methode verwendet, um Warenkörbe zu analysieren. Sie kommt aber auch für weitere Analysen in Frage. Bei Internet-basierten Informationssystemen gibt die Analyse von Transaktionsdaten wertvolle Hinweise für die Personalisierung von Angeboten, Empfehlungssysteme und das Kundenbeziehungsmanagement:

- *Klickstromanalysen* (engl.: click stream analysis) können zeigen, welche Webseiten wie lange angesehen wurden und welche Inhalte oder Werbeeinschaltungen „angekommen“ sind,
- *E-Mail-Analysen* können zeigen, welche Verkaufsförderungsmaßnahmen den Kunden erreicht haben und welche Kundendienstleistungen nachgefragt wurden,

Es erfordert profunde Fachkenntnisse, um diese Techniken sachgerecht einsetzen zu können. Ein automatisiertes Auffinden von interessanten Sachverhalten, wie von den Softwareherstellern häufig propagiert, ist im Allgemeinen nicht ohne Weiteres möglich.

7.2.5 Neuronale Netze

Künstliche neuronale Netze gehören zu den maschinellen Lernverfahren, die meist für das *tiefgehende Lernen* (engl.: deep learning) eingesetzt werden. Künstliche neuronale Netze zeichnen sich dadurch aus, dass aus den Eingabewerten nicht direkt die Ausgabewerte ermittelt werden, sondern oft mehrere Schichten von Verbindungen genutzt werden, um das Ergebnis zu ermitteln. Man kann sie sowohl für die Klassifikation (überwachtes Lernen) als auch für Segmentierungsaufgaben (unüberwachtes Lernen) einsetzen.

Künstliche neuronale Netze (engl.: artificial neural network) bezeichnen eine Klasse von Berechnungsverfahren, die lose von der Funktionsweise menschlicher Nervensysteme inspiriert sind. Diese lassen sich als gerichtete Graphen beschreiben, in denen sogenannte *künstliche Neuronen* (engl.: artificial neuron) als Knoten und *Verbindungen* als Kanten zu verstehen sind.



Strukturell unterscheidet man Neuronen der *Eingabeschicht* (engl.: input layer), einer oder mehrerer *verborgenen Schichten* (engl.: hidden layer) und der *Ausgabeschicht* (engl.: output layer). Verbindungen besitzen *Gewichte* (engl.: weight). Jedes Neuron der verborgenen und der Ausgabeschicht berechnet seine *Aktivierung* (engl.: activation) mithilfe dreier Parameter: der Aktivierung der vorgelagerten Schicht, der Gewichte der Verbindungen und eines *Schwellenwerts* (engl.: bias). Die Aktivierungen der Neuronen der Ausgabeschicht werden als Ergeb-

niswerte interpretiert. Typischerweise werden Aktivierungen so berechnet, dass sie in den Wertebereich von 0 (keine Aktivierung) bis 1 (vollständige Aktivierung) fallen.

Eingabe-
schicht

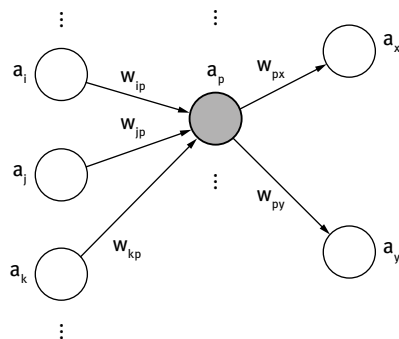
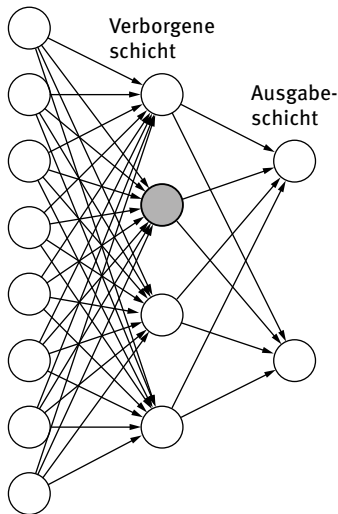


Abb. 7.4: Links die grafische Darstellung der Struktur eines künstlichen neuronalen Netzes.

Rechts eine Darstellung der Aktivierungswerte und Gewichte des Neurons a_p und der mit ihm in Verbindung stehenden Neuronen.

B

Abb. 7.4 links zeigt ein künstliches neuronales Netz mit 8 Neuronen auf der Eingabeschicht, 4 in der verborgenen Schicht und 2 auf der Ausgabeschicht. Diese Neuronen sind mit $8 \times 4 + 4 \times 2 = 40$ Verbindungen mit einander verknüpft. Abb. 7.4 rechts zeigt das einzelne Neuron a_p und seine Verbindungen. Die Aktivierungsniveaus der Neuronen a und die Gewichte w fließen in die Berechnung ein. Die Aktivierung von a_p wird typischerweise als Linearkombination der vorgelagerten Neuronen und deren Gewichten berechnet, beispielsweise $a_p = f(a_i \times w_{ip} + a_j \times w_{jp} + \dots)$. Als Transformationsfunktion f wird oft die Sigmoidfunktion benutzt, die beliebige Werte auf einen Wertebereich zwischen 0 und 1 abbildet. Dieser Wert a_p dient dann unter anderem als Eingabe für die nachgelagerten Neuronen a_x und a_y der Ausgabeschicht. In einem betrieblichen Anwendungsfall könnten die Aktivierungen der Ausgabeschicht als Kreditrisiko hoch (a_x) oder niedrig (a_y) interpretiert werden. Die Werte der Eingabeschicht können dann bonitätsrelevante Kennzahlen über den Kreditnehmer sein.

Die Frage stellt sich nun, wie wir die Vielzahl von Gewichten eines neuronalen Netzes so festlegen können, dass die Ausgabeschicht sinnvolle Ergebnisse für den spezifischen Anwendungsfall liefert. Die Werte der Gewichte können mit

Algorithmen automatisch erlernt werden. Dafür benötigt man eine große Menge an Trainingsdaten, für welche die erwarteten Ausgabewerte bekannt sind, eine Kostenfunktion, welche die Abweichung von den gewünschten Werten bemisst, und einen Algorithmus, der mithilfe der Abweichung die Gewichte anpasst.

Die Abweichungen auf der Ausgabeschicht liefern die Basis für die Anpassung der Gewichte. Dabei kommen Algorithmen wie die *Fehlerrückführung* (engl.: back propagation) zum Einsatz. Diese zielen darauf ab, die Gewichte so zu definieren, dass die Eingabewerte möglichst genau auf die Ausgabewerte der Beispieldaten abgebildet werden. Zuerst werden die Eingabewerte angelegt und für diese die Ausgabewerte berechnet. Deren Differenz zu den erwarteten Werten wird nun so zurück durch das Netz zu den Eingabewerten gespielt, so dass die Gewichte in die richtige Richtung und im Verhältnis zu der Größe der Abweichung angepasst werden.



Abb. 7.5: Handgeschriebene Versionen der Ziffer 2 aus der MNIST-Datenbank
(Quelle: Mayraz und Hinton, 2002)

B

Abb. 7.5 zeigt ein bekanntes Anwendungsbeispiel für neuronale Netze, das Erkennen von handgeschriebenen Ziffern. Mit der MNIST-Datenbank steht eine Sammlung von mehreren zehntausend Bilddateien solcher Ziffern bereit. Eine Möglichkeit die Eingabe zu definieren besteht darin, jedes Pixel des Bilds als Helligkeitswert zwischen null und eins zu modellieren. Dies ergibt dann $28 \times 28 = 784$ Neuronen für die Eingabeschicht. Die Ausgabeschicht kann die Ziffernwerte von null bis neun modellieren und hat somit 10 Neuronen. Nielsen (2015) beschreibt, wie die Anzahl der Neuronen der verborgenen Schicht die Erkennungsgüte verändert. Mit 100 Neuronen erreicht er etwa 94 % richtige Ziffernzuordnungen.

7.2.6 Text-Mining

Text-Mining ist ein wichtiges Teilgebiet des Data-Mining, welches auf die rechnergestützte Extraktion interessanter Muster aus Texten abzielt. Die Anwendungsgebiete sind vielfältig und reichen von Sprachstilanalysen über biomedizinische Anwendungen hin zur automatischen Klassifikation von Texten und der Unterstützung von Marketingaktivitäten im Rahmen des analytischen Kundenbeziehungsmanagements und der Neuproduktentwicklung.

!

Text-Mining (unübliche deutsche Übersetzung: Textbergbau) umfasst eine Reihe von Analyseverfahren, die die inhaltlichen Zusammenhänge in textuellen Daten mithilfe von Algorithmen erkennen.

Die beim Text-Mining betrachteten Rohdaten (Textdokumente) sind – im Gegensatz zu traditionellen numerischen oder kategorischen Daten – unstrukturiert. Eine besondere Herausforderung bei solchen Analysen stellt daher die Vorverarbeitung der Rohdaten dar. Eine weitere technische Herausforderung liegt in den meist großen Datenmengen begründet, die im Rahmen der Analysen verwaltet werden müssen. Schließlich sind auch die Analyseschritte in hohem Maße anwendungsabhängig und nur teilweise standardisierbar, sodass es besonders flexibler Werkzeuge bedarf, um zu befriedigenden Ergebnissen zu gelangen.

B

Beispiele für den Einsatz von Text-Mining-Methoden im unternehmerischen Kontext sind Analysen im Rahmen der Marketingaktionsfelder Produktpolitik und Kommunikationspolitik. Beispielsweise können Benutzereinträge aus Kundenforen herangezogen werden, um Ideen für Produktverbesserungen oder Neuentwicklungen zu gewinnen. Ferner kann man mit solchen Daten auch das Verhältnis zu konkurrierenden Produkten analysieren und eine Kundenabwanderungsanalyse durchführen.

Mithilfe der *Sentimentanalyse* (engl.: sentiment analysis) kann man die positive oder negative Stimmungslage eines Autors eines Texts (oft benutzergenerierte

Inhalte) ermitteln und dadurch dessen Einstellung zu einem bestimmten Sachverhalt erkennen.

7.2.7 Simulation

Die verschiedenen Methoden des maschinellen Lernens leiten Modelle ab, die beispielsweise für Prognosezwecke genutzt werden können. Diese Modelle ermöglichen es auch, Simulationen durchzuführen. Solche Simulationen erlauben es beispielsweise, unterschiedliche betriebliche Prozesse auf einem Rechner ablaufen zu lassen, bevor diese in der Realwelt eingeführt werden.

Unter einer **Simulation** (engl.: simulation) versteht man ein Experiment, bei dem eine komplexe Realweltsituation durch ein Softwaresystem nachgebildet wird. Beim Ablauf der Simulation kann das System beobachtet und analysiert werden. Durch Variation von Parametern können unterschiedliche Annahmen überprüft werden.



Um etwa eine Werbekampagne in Fernsehen, Radio, Zeitungen und im Internet zu planen, muss festgelegt werden, in welchem Medium wie viel geworben wird. Auf der Basis eines Modells, wie sich die Nachfrage nach dem beworbenen Produkt aufgrund des Werbeeinsatzes im jeweiligen Medium verändert, kann ein Softwaresystem entwickelt werden, welches die Simulation verschiedener Werbestrategien am Rechner erlaubt. Durch Vorhersage der wahrscheinlichen Nachfrageänderung, Definition einer Werbestrategie und mit wiederholtem Durchspielen der Simulation kann die beste Strategie ausgewählt werden. Die Vorhersagekraft einer Simulation hängt von den getroffenen Annahmen und vom Abbildungsgrad der in der Realität relevanten Modellelemente ab.



Durch *Simulationen* in der Form von „Was-wäre-wenn“-Fragestellungen (engl.: what if analysis; Synonym: Szenarioanalyse) können die Auswirkungen der Änderung einzelner Parameter auf das Ergebnis geschätzt werden. Bei „Wie-erreicht-man“-Simulationen (engl.: how to achieve simulation; Synonym: Zielwertsuche) werden Maßnahmen zur Erreichung eines vorgegebenen Ziels gesucht.

So könnte etwa in einem Lebensmittelfilialbetrieb mit Szenarioanalyse untersucht werden, ob sich durch die Intensivierung der Zeitungswerbung der Absatz in bestimmten Regionen lohnenswert erhöhen lässt. Oder es könnte ermittelt werden, wie sich Preiserhöhungen bei einzelnen Produkten oder Warengruppen auf die Deckungsbeiträge auswirken. Mit der Zielwertsuche könnte beispielsweise überprüft werden, inwiefern sich verschiedene Kostensenkungsprogramme – die Einsparung von Personal, die Auflassung von Filialen usw. – zur Erreichung eines bestimmten Gewinnziels eignen. Natürlich muss es hierzu jeweils Vorstellungen, das heißt, ein Modell, geben, das die Zusammenhänge zwischen den Variablen abbildet.



7.3 Klassische Entscheidungsunterstützungssysteme

Von einem *Entscheidungsunterstützungssystem* spricht man, wenn in einem Informationssystem Funktionen zur Überprüfung von Hypothesen in einer Entscheidungssituation zur Verfügung stehen. Der Benutzer gibt seine Annahmen über Zusammenhänge zwischen Entscheidungsvariablen ein und überprüft diese anhand der vorliegenden Daten. Oft wird dieser Begriff aber auch auf Systeme beschränkt, mit denen durch anspruchsvolle mathematische Methoden und Modelle optimale beziehungsweise dem Anspruchsniveau entsprechende Lösungen ermittelt werden oder mit denen bisher unbekanntes Wissen in den Datenbeständen gesucht wird.



Ein klassisches **Entscheidungsunterstützungssystem** (Abkürzung: EUS, engl.: decision support system) hilft vor allem Fachspezialisten (Beratern, Stäben) bei der Entscheidungsvorbereitung für eng abgegrenzte Aufgabenstellungen. Schwerpunkt ist die Untersuchung möglicher Handlungsalternativen mit mathematischen Methoden und Modellen (Prognosen, Simulationen und Optimierungen). Die englische Bezeichnung **Decision Support System** (Abkürzung: DSS) ist auch im deutschen Sprachraum gebräuchlich.



Fachspezialisten sind beispielsweise Produktmanager bei Konsumgüterherstellern, die mit Tabellenkalkulationsprogrammen Absatzpläne bestimmen und dabei die Auswirkungen alternativer Marketingmaßnahmen mithilfe von Marktmodellen testen. In Banken und Börsen operieren Wertpapierspezialisten mit Finanzmarktmodellen. Analytiker versuchen, in den Kundendatenbeständen bisher unbekannte Charakteristika, wie Verhaltensmuster und Zusammenhänge beim Kauf von Produkten, herauszufinden, um die Marktorientierung zu verbessern und Impulse für neue Geschäftspotenziale zu gewinnen. Tourenplaner ermitteln optimale Routen zur Belieferung von Kunden, Betriebs- und Verkaufsstätten. Produktionsplaner minimieren durch Simulation die notwendige Maschinenbelegung und die Durchlaufzeiten in der Fertigung. Und in unserem Beispiel-Lebensmittelfilialbetrieb wird durch ein Regaloptimierungsmodell die bestmögliche Warenpräsentation in den Filialen bestimmt.

7.3.1 Komponenten von Entscheidungsunterstützungssystemen



Ein **Entscheidungsmodell** (engl.: decision model) bildet einen vereinfachten Ausschnitt der Realität in mathematischer Form durch Variablen (Modellelemente als Repräsentanten realer Phänomene) und Formeln (Beziehungen zwischen den Elementen) ab. Bei der Modellrechnung wird im Hinblick auf ein im Modell vorgegebenes *Zielsystem* die optimale oder eine zufriedenstellende Lösung (Variablenkombination) gesucht.

Typische Entscheidungsmodelle haben das Ziel, möglichst geringe Personal- und Sachmitteleinsätze, Zeiten und Kosten sowie möglichst hohe Servicegrade, Umsätze, Deckungsbeiträge und Gewinne zu ermitteln. In Entscheidungsmodellen können ein oder mehrere derartige Zielkriterien verfolgt werden.

Denken Sie etwa an die *Materialwirtschaft* in einem *Lebensmittelfilialbetrieb*. Das Ziel einer möglichst hohen Lieferbereitschaft konkurriert mit dem Ziel einer möglichst geringen Kapitalbindung, das heißt, niedrigen Lagerbeständen. Oft existiert auch ein Zielkonflikt zwischen Zeit, Qualität und Kosten. B

In vielen Fällen arbeiten Führungskräfte in der Praxis mit Entscheidungsmodellen, die von Operations-Research-Experten im eigenen Hause entwickelt worden sind oder die als Standardprogramme extern gekauft und durch Parametereinstellungen an die spezielle Bedingungslage angepasst worden sind.

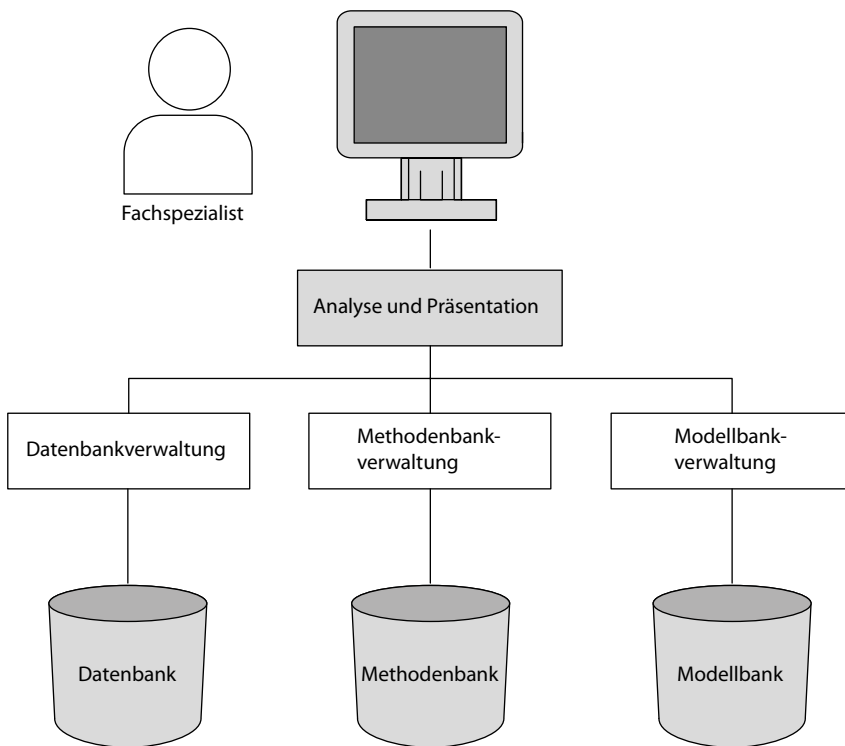


Abb. 7.6: Komponenten eines klassischen Entscheidungsunterstützungssystems

Abb. 7.6 zeigt die Komponenten eines klassischen Entscheidungsunterstützungssystems. Der Benutzer (Fachspezialist) hat beispielsweise auf seinem Arbeitsplatzrechner die klientenseitige Software eines Entscheidungsunterstützungssystems installiert, die ihm den Zugriff auf die Datenbank des Systems erlaubt. Dieselbe Software kann Module zur Verwaltung von Modellen und Methoden beinhalten, mit denen der Benutzer die Daten analysiert. Er erhält vom System Information über die verfügbaren Algorithmen und Modelle sowie Unterstützung bei ihrer Auswahl und Anwendung. Ferner bietet das System Funktionen zur Aufbereitung und Präsentation der Ergebnisse.

7.3.2 Fallstudie „Regaloptimierung im Einzelhandel“

Betrachten wir die bereits erwähnte *Regaloptimierung* etwas genauer, um Ihnen anhand dieses Beispiels das Wesen von komplexen Entscheidungsunterstützungssystemen zu verdeutlichen.



Im Handel wird mittels **Regaloptimierung** (engl.: shelf optimization) eine bestmögliche Ausnutzung der vorhandenen Verkaufsfläche durch eine renditeorientierte Warenplatzierung in den Regalen angestrebt. Grundgedanke ist, dass jeder Ware der Platz zugeordnet wird, der ihrem Umsatz- und Ertragsbeitrag und den Kaufgewohnheiten am besten entspricht.

Im filialisierten Lebensmitteleinzelhandel erfolgt die Regaloptimierung üblicherweise zentral; hierbei sind verschiedene Abteilungen (Einkauf, Marketing, IT-Abteilung) eingebunden. Die Filialleiter bekommen verbindliche Pläne, nach denen sie ihre Regale zu befüllen haben (siehe Abb. 7.7). Die Befüllung erfolgt zu einem Teil direkt durch Mitarbeiter der Lieferanten, die zwei- bis dreimal in der Woche die Regale nach diesen Richtlinien füllen und damit dem Handelsbetrieb Personal- beziehungsweise Handhabungskosten ersparen.

Wie bei anderen Anwendungen auch, kommen zur Regaloptimierung selbst entwickelte oder fremdbezogene Softwaresysteme in Betracht. Weltmarktführer auf dem Standardsoftwaremarkt ist das Softwarepaket *Spaceman*, das von *The Nielsen Company* vertrieben wird.

Platz	Nr	Name	Warengruppe	Facings	Einheiten
Regal 1					
	1	RALEMON LEMON JUICE	LEMON	2	12
	2	RALEMON LEMON JUICE	LEMON	2	16
	3	WELCHS PRUNE GLSS BTL	PRUNE	2	10
	4	GATORADE ORANGE	FRUIT DRINKS	1	5
	5	GATORADE FRUIT PUNCH	FRUIT DRINKS	2	10
	6	GATORADE LEMON LIME	FRUIT DRINKS	NEU 3	15
	7	GATORADE GRAPE	FRUIT DRINKS	2	10
	8	GATORADE LEMONADE	FRUIT DRINKS	NEU 2	10
	9	CAMPBELLS TOMATO JUICE	TOMATO JUICE	2	10
	10	HEINZ TOMATO JUICE GLASS	TOMATO JUICE	2	8
	11	V.8 VEGETABLE BEVERAGE	VEG JUICE	2	10
	12	HEINZ VEGETABLE COCKTAIL GLASS	VEG JUICE	2	8
	13	CAESARS CHOICE CLAM & TOMATO	VEG JUICE	2	10
Regal 2					
	14	ALLENS APPLE PURE JUICE	FRUIT JUICE	2	10
	15	WELCHS PRUNE GLSS BTL	PRUNE	NEU 2	8
	16	GLATORADE FRUIT PUNCH	FRUIT DRINKS	2	8
	17	GLATORADE LEMON LIME	FRUIT DRINKS	3	12
	18	GLATORADE ORANGE	FRUIT DRINKS	3	12
	19	TROPICANA TWISTER ORG PEACH	FRUIT DRINKS	1	4
	20	TROPICANA TWISTER PNK GRPFT	FRUIT DRINKS	1	4
	21	TROPICANA TWISTER ORNG STRW BAN	FRUIT DRINKS	2	8
	22	WELCHS GRAPE GLASS BOTTLE	FRUIT JUICE	3	15

Abb. 7.7: Regalbefüllungsplan

Wichtigste Schritte beim Einsatz eines Regaloptimierungsprogramms sind:

1. *Festlegung der Ziele und somit der Optimierungskriterien:*

Hierbei spielt die Verbesserung der Sortimentsgestaltung unter Ertragsgesichtspunkten eine wichtige Rolle, wobei die Regalproduktivität (Umsatz pro Regalmeter), die Regalrentabilität (Ertrag pro Regalmeter) und die Steigerung der Abverkäufe als Maßstäbe dienen können. Zudem sollen Ausverkaufssituationen vermieden werden und die Kunden sollen sich gut orientieren können. Zuletzt gilt es auch die Lagerhaltungskosten gering zu halten.

2. *Bereitstellung der Produktdaten:*

Zu den wichtigen Produktdaten gehören unter anderem die Artikelnummer (GTIN), die Produktbezeichnung, der Preis, die Umschlagshäufigkeit, die Deckungsbeiträge, die Maße, die Gewichte und die Verpackung. Moderne Lebensmittelfilialbetriebe beziehen diese Daten teils automatisch aus ihrem

Warenwirtschaftssystem und teils aus einem zentralen Datenpool ihres Verbands. Weitere Angaben betreffen die *Artikelwertigkeit* und die *Bildung von Platzierungsblöcken*. Die Wertigkeit der Artikel ergibt sich aus dem Bedarfs- und Preisinteresse der Verbraucher. Je größer die Artikelfrontlänge im Regal, desto höher wird tendenziell die abgesetzte Menge eines Artikels sein. Als *Platzierungsblock* bezeichnet man ein Bündel von horizontal oder vertikal zusammen platzierten Artikeln, die zu einer höheren Aufmerksamkeit der Kunden als die Einzelplatzierung führen. Die Bildung der Platzierungsblöcke kann nach Warenart, Hersteller oder Erlebnisbereich erfolgen.

3. *Aufbau der Regale im Regaloptimierungsprogramm:*

Oft verwenden Filialen ähnlicher Größe dieselbe Ladeneinrichtung. Bei der Definition der Ladeneinrichtung müssen die *Spezifikationen der Regale* (Anordnung, Art, Abmessungen wie Höhe, Breite und Tiefe, Anzahl der Fächer usw.) exakt erfasst werden. Bei der Modellierung wird von einer unterschiedlichen Wertigkeit der *Regalflächen* ausgegangen. Die Reckzone in über 160 cm Regalhöhe kommt für schwere und große Artikel nicht in Frage. Als am verkaufsstärksten gilt die Sicht- und Augenzone (120–160 cm Regalhöhe). Die Griffzone (80–120 cm Regalhöhe) eignet sich speziell für Produkte, die von älteren Menschen nachgefragt werden. In der Bückzone werden vor allem jene Produkte platziert, die Kinder ansprechen sollen. Horizontal verläuft die beste Sichtzone. Im konkreten Einzelfall kann die Bewertung von Regalflächen durch gezielte Tests und Analyse der Kassendaten erfolgen.

4. *Festlegung der Lager- und Merchandising-Grundsätze:*

Zur Befüllung der Regale werden Produktgruppen (Platzierungsblöcke) gebildet, innerhalb derer eine Optimierung erfolgen kann. Hierzu sind Angaben nötig, die sich beispielsweise auf die Umsatzverteilung auf Wochentage und die Umsatzabhängigkeit der Platzierung beziehen. Weitere Parameterangaben betreffen das geschätzte Kaufverhalten (Kundenerwartungen, Greifhöhen, Sichtkontakte, Folgekäufe, Kontaktstrecken). Grundsätzlich kann zwischen einer wertigkeitsausgleichenden und einer wertigkeitsanpassenden Platzierung unterschieden werden. Beim *Wertigkeitsausgleich* werden hochwertige Artikel an niedrigwertigen Standorten platziert, bei der *Wertigkeitsanpassung* werden die hochwertigen Waren an hochwertigen Standorten angeboten. Empirische Vergleichstests deuten darauf hin, dass eine wertigkeitsausgleichende Platzierung tendenziell Absatzvorteile bringt.

5. *Erstellung von Regalbefüllungsplänen (Modellberechnung):*

Auf Basis dieser Eingaben berechnet das Programm einen Regalbefüllungsvorschlag, wie Sie ihn in Abb. 7.8 für Fruchtsäfte sehen. Wenn die unter den gegebenen Bedingungen gefundene bestmögliche Lösung den Vorstellungen nicht entspricht, können Parameter variiert und erneute Berechnungsgänge durchgeführt werden. Ein geeignet erscheinender maschineller Vorschlag kann vom Regalplaner nachbearbeitet und schrittweise seiner Idealvorstellung angepasst werden. Dabei können Produkte im Regal am Bildschirm beliebig platziert und die Einflüsse einzelner Faktoren auf Umsatz oder Gewinn analysiert werden.

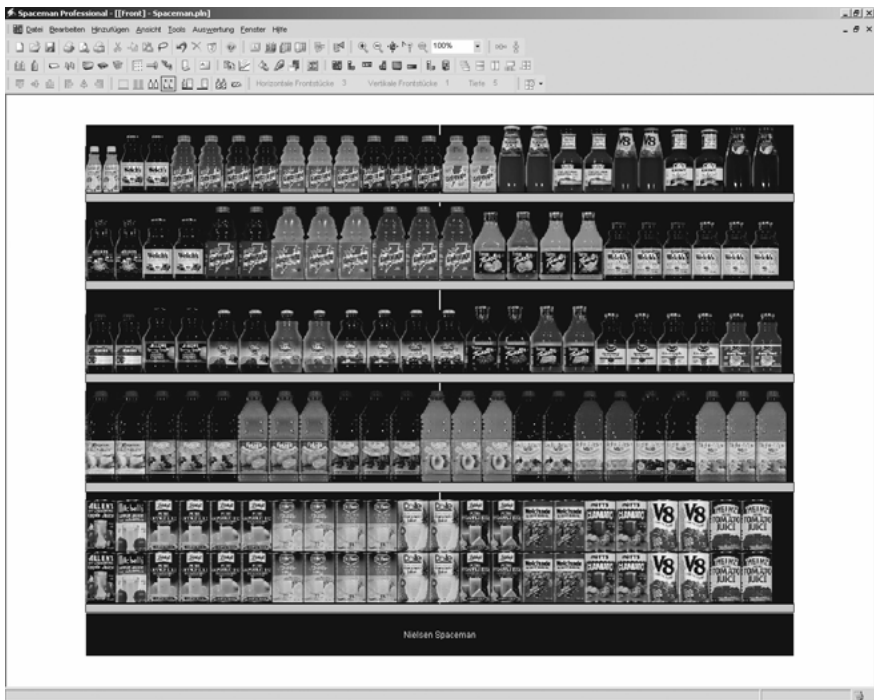


Abb. 7.8: Regalsicht für Präsentationszwecke

6. *Durchführung und Kontrolle:*

Die finalen Regalbefüllungspläne (siehe Abb. 7.7) werden den Filialleitern zur Realisierung übermittelt. In der Folge ist laufend zu überprüfen, ob die Warenpräsentation tatsächlich plangerecht erfolgt und ob dadurch die angestrebten Umsatz- und Ertragsziele erreicht werden. Sortimentsänderun-

gen sind umgehend durch Anpassung der Platzierungspläne zu berücksichtigen.

7.4 Business-Intelligence-Systeme

In Abschnitt 7.1. haben Sie die Entscheidungsarchitektur nach Mertens kennengelernt, die ausgehend von der Bedingungslage eines Betriebs typische Entscheidungen und den daraus resultierenden Informationsbedarf ableitet. *Business-Intelligence* ist ein gesamtheitlicher Ansatz, der diesem Informationsbedarf von Managern in systematischer Weise begegnet.



Der englische, auch im Deutschen gebräuchliche Begriff **Business-Intelligence** (engl.: business intelligence, Abkürzung: BI) beschreibt ein integriertes, betriebsindividuell zu entwickelndes Gesamtkonzept zur IT-Unterstützung des Managements. „Intelligence“ ist Wissen, welches durch die Erfassung, Integration, Transformation, Speicherung, Analyse und Interpretation geschäftsrelevanter Information generiert wird. **Business-Intelligence-Systeme** (engl.: business intelligence system) sind individuell an einen Betrieb angepasste analytische Anwendungen zur Integration und Auswertung großer Datenbestände, die mithilfe von entsprechenden Softwarewerkzeugen zusammengestellt werden. Typische Funktionen sind Berichtserstellung, multidimensionale Datenanalyse, Kennzahlenvergleiche, Kundenbewertungen und Clusteranalyse.

In Abb. 7.9 ist ein Ordnungsrahmen dargestellt, dem die Idee zugrunde liegt, dass Transaktionsdaten auf dem Weg zum Manager über mehrere Schichten hinweg schrittweise aggregiert und angereichert werden. In der Datenbereitstellungsschicht werden die aufgezeichneten Transaktionsdaten bereinigt und konsolidiert. Die darüber liegende Schicht umfasst Analysesysteme zur Generierung nützlicher Information sowie der weiteren Verwertung im Rahmen von Wissensmanagementsystemen. Die letzte Schicht behandelt den Informationszugriff mittels speziell adaptierter Internet-Portale. Im Folgenden gehen wir zunächst auf die Datenbereitstellung (Data-Warehouse, Data-Mart und Data-Lake) ein und widmen uns dann einer Reihe von Analysesystemen: Abfrage- und Berichtssysteme, OLAP und Benchmarking mittels Kennzahlen.

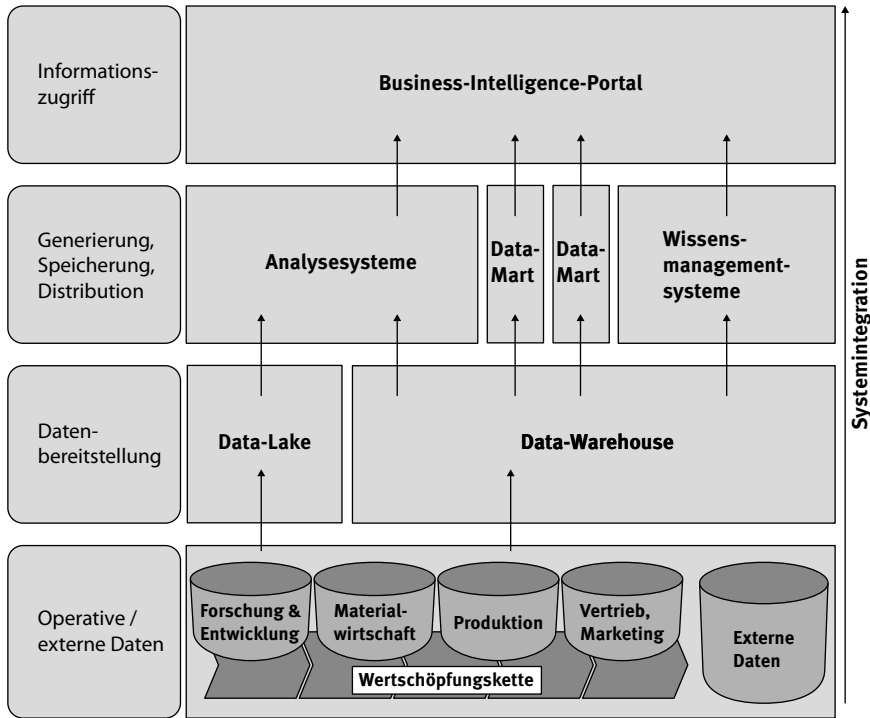


Abb. 7.9: Business-Intelligence-Ordnungsrahmen (nach Kemper, Mehanna, Unger)

7.4.1 Data-Warehouse, Data-Mart und Data-Lake

Die meisten großen Betriebe stehen heute vor dem Problem, eine beträchtliche Zahl von teilweise inkompatiblen operativen Informationssystemen betreiben zu müssen, die die historisch gewachsenen Strukturen der IS-Landschaft widerspiegeln. Diese getrennt entwickelten oder zugekauften Teilinformationssysteme sind oft nicht vollständig aufeinander abgestimmt und häufig schlecht dokumentiert. Vor allem für Berichte an das Topmanagement müssen somit Datenbestände aus unterschiedlichen Systemen abgerufen, zusammengeführt und entsprechend aufbereitet werden. Dabei stellt sich das Problem der einheitlichen und flexiblen Auswertung der Daten nach unterschiedlichen Kriterien – möglichst ohne Programmieraufwand. Das *Data-Warehouse* ist ein Ansatz zur Lösung dieser Probleme; es bietet eine *Entscheidungsdatenbasis für alle Mitarbeiter* eines Betriebs.



Ein **Data-Warehouse** (unübliche deutsche Übersetzung: Datenlagerhaus) ist eine betriebsweite Datenbank, die als logisch zentraler Speicher eine einheitliche und konsistente Datenbasis zur Entscheidungsunterstützung von Fach- und Führungskräften aller Bereiche und Ebenen bietet und losgelöst von den operativen Datenbanken betrieben wird. In einem Data-Warehouse werden Daten aus unterschiedlichen Quellen eingepflegt und zur Datenanalyse über kurze, mittlere und längere Zeiträume (Wochen-, Monats-, Jahresbetrachtungen) gespeichert. Die Datenanalyse kann nach betrieblichen Kriterien in unterschiedlichen Dimensionen erfolgen (etwa nach Zeit, Regionen, Produkten, Lieferanten oder Kunden).

Kern eines Data-Warehouse ist eine integrierte Datenbank, welche die gesamte entscheidungsrelevante Information über die Geschäftsfelder enthält (siehe Abb. 7.10). Die zugehörigen Daten müssen zuvor aus den operativen Datenbanken und externen Quellen bedarfsgerecht aufbereitet und übertragen werden. Dieser Prozess gliedert sich in drei Phasen: Extraktion, Transformation und Laden (engl.: extract – transform – load, Abkürzung: ETL). Bei der *Extraktion* steht der Zugriff auf die verschiedenen Ursprungssysteme (beispielsweise ERP-System, E-Mails, externe Datenbanken) im Vordergrund. Im Zuge der *Transformation* werden die Daten auf Konsistenz geprüft und um Fehler bereinigt. Ferner werden die Daten gegebenenfalls aggregiert (beispielsweise die einzelnen Verkaufstransaktionen zu monatlichen Verkaufszahlen). Beim *Ladevorgang* werden die Daten schließlich in das Data-Warehouse geschrieben. Der gesamte ETL-Prozess wird periodisch (meist täglich) ausgeführt, um die Datenbestände im Data-Warehouse aktuell zu halten.

Während bei operativen Datenbanken die effiziente, transaktionsorientierte Abwicklung des Tagesgeschäfts im Vordergrund steht, unterstützt das Data-Warehouse vorrangig die Aufbereitung und Abfragemöglichkeit nach *inhaltlichen Themenschwerpunkten* („Dimensionen“), wie zum Beispiel Kunden, Lieferanten oder Produkten. Die gespeicherte Information ist typischerweise – im Gegensatz zu operativen Datenbanken – nicht zeitpunktbezogen, sondern erstreckt sich über *kurze, mittlere und längere Zeiträume* (Wochen-, Monats-, Jahresbetrachtungen). Der direkte Zugriff wird den Endbenutzern durch einen sogenannten *Informationskatalog* (*Metadatenbank*, engl.: data dictionary) erleichtert, der über die Inhalte, Formate und Auswertungsmöglichkeiten Auskunft gibt. Eine dritte wesentliche Komponente sind die *Softwarewerkzeuge*, mit denen die Daten des Data-Warehouse abgefragt, transformiert, analysiert und präsentiert werden können.

Ein Data-Warehouse kann nicht als fertiges Produkt gekauft werden, sondern nur die Werkzeuge, die die Erstellung eines Data-Warehouse unterstützen. Ein Data-Warehouse ist eine *strategische IS-Entwicklungsvision*, deren Konkretisierung im Rahmen der betrieblichen IS-Planung und -Entwicklung in einem großen Betrieb viele Jahre dauern kann. Heute haben bereits viele moderne Be-

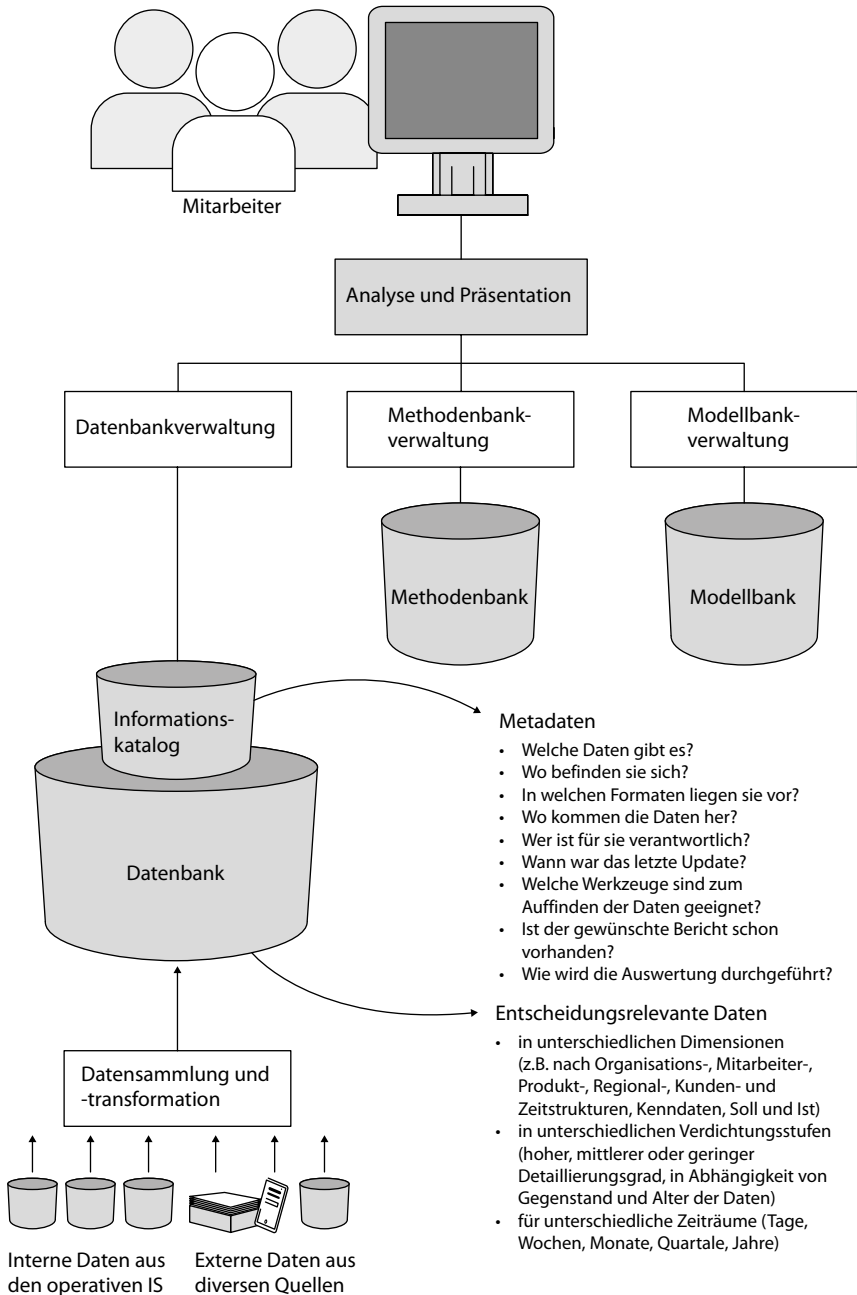


Abb. 7.10: Data-Warehouse

triebe entsprechende Systeme realisiert, über die ein großer Teil ihrer Mitarbeiter weitreichende Entscheidungsunterstützung erhält.

Bei sehr großen Datenbeständen kann sich der interaktive Zugriff der Benutzer auf die zentrale betriebsweite Datenbank eines Data-Warehouse als zu unflexibel und zu langsam erweisen. Aus diesem Grund werden häufig funktionsbereichs- oder personengruppenspezifische Extrakte aus der Datenbasis entnommen und als *Data-Marts* separat gespeichert.

! Ein **Data-Mart** (unübliche deutsche Übersetzung: Datenmarkt) ist ein aggregierter Teilausschnitt aus dem betriebsweiten Data-Warehouse, mit dem sich ein Großteil der Abfragen eines Funktionsbereichs oder einer Personengruppe einfach und schnell bedienen lässt. Die Vorteile liegen bei einer verbesserten Leistung (geringerer Datenumfang), erhöhter Flexibilität für den Funktionsbereich bei der Weiterentwicklung, geringerem Abstimmungsaufwand und vereinfachtem Zugriffsschutz.

Die Entwicklung und der Betrieb von *Data-Marts* weisen erhebliche *Zeit- und Kostenvorteile* gegenüber einer zentralen allumfassenden Lösung auf. Deshalb wird teilweise auf den Aufbau eines betriebsweiten, zentralen Data-Warehouse verzichtet und es werden Data-Marts entwickelt, die unmittelbar aus den operativen Informationssystemen mit Daten versorgt werden. Ein solches *dezentrales Data-Warehouse* bedarf allerdings eines sorgfältigen Konzepts, damit es zu keinen Redundanzen und inkonsistenten Datenbeständen kommt. Hierzu wird empfohlen, die einzelnen Data-Marts inhaltlich an den Primärprozessen der Wertschöpfungskette auszurichten und damit überschneidungsfrei zu halten, sowie ein mehrdimensionales Datenmodell zu verwenden.

In einem Data-Warehouse beziehungsweise einem Data-Mart werden aus Kosten- und Performance-Gründen in der Regel nur solche Daten zusammengeführt, die für die vorgesehenen Berichte und spezifische Abfragen (zum Beispiel Analyse von Kennzahlen) von Fach- und Führungskräften der verschiedenen Geschäftsbereiche benötigt werden. Neue, bisher unbekannte Querverbindungen, verborgene Muster und Trends lassen sich daraus nur beschränkt ableiten. *Data-Lakes* unterstützen die Ermittlung solcher Sachverhalte aus sehr umfangreichen, unübersichtlichen Datenbeständen.

! Ein **Data-Lake** (unübliche deutsche Übersetzung: Datensee) ist eine betriebsweite Datenbank, in der betriebsrelevante Daten in ihrer Ursprungsform kostengünstig gespeichert und dann aufbereitet werden, wenn ein konkreter Bedarf besteht.

Typische Benutzer für in die Tiefe gehende Analysen sind Data-Scientists. Ein Data-Lake kann unterschiedliche strukturierte Daten aufnehmen und verlangt

als Datenspeicher keine Anpassungen, wenn neue, anders strukturierte Daten eingespielt werden. Bei einem Data-Warehouse oder Data-Mart ist beim Einspielen der Daten Integrationsaufwand notwendig.

Von *James Dixon*, einem der Pioniere auf diesem Gebiet, stammt der folgende anschauliche Vergleich: „Sie können sich einen Data-Mart als ein Lager mit Wasserflaschen vorstellen – gereinigt, abgepackt und strukturiert für den bequemen Verbrauch –, während ein Data-Lake einem großen Gewässer in einem natürlichen Zustand entspricht. Der Inhalt des Data-Lakes fließt von einer Quelle in den See, und verschiedene Benutzer können den See aufsuchen, um ihn zu untersuchen, darin einzutauchen oder Proben zu nehmen.“ (Quelle: <https://jamesdixon.wordpress.com/2010/10/14/pentaho-hadoop-and-data-lakes/>)

B

Für *Data-Lakes* werden eine Reihe von Standardwerkzeugen angeboten, deren zentraler Bestandteil meist *Hadoop*, genauer gesagt das datenbankbasierte Hadoop-Dateisystem ist. Hadoop ist ein Open-Source-Software-Framework für verteilte Datenbanken, das auf große Datenmengen aller möglichen Datentypen und Strukturen spezialisiert ist (siehe auch Kapitel 10). Die Daten können auf einen Server-Cluster verteilt werden, der aus einer erweiterbaren Anzahl von bis zu mehreren tausend Serverrechnern besteht, die parallel die Auswertung der Anfragen vornehmen. Für Hadoop existieren zahlreiche Module, die eine direkte Auswertung und die Integration mit einem Data-Warehouse ermöglichen.

Anwender von *Hadoop* sind derzeit vor allem große IT-Firmen und Internet-Anbieter wie Amazon, Adobe, Alibaba, eBay, Facebook, Google, IBM, LinkedIn, Microsoft, Spotify, Twitter und Yahoo!, sowie auch zahlreiche Anwender beispielsweise aus dem Bereich der Finanzdienstleister. Der Musikstreaming-Dienst Spotify benutzt beispielsweise Hadoop auf einem Cluster von 1.650 Rechnern (43.000 virtuelle Prozessorkerne, 70 TB RAM und 65 PB Massenspeicher) für Abfrage- und Berichtszwecke, Datenanalysen und Empfehlungssysteme. Spotify hat 140 Millionen aktive Benutzer, davon bevorzugen 60 Millionen das kostenpflichtige, werbefreie Angebot (Stand: Mitte 2017).

B

Data-Lakes befinden sich in einem relativ frühen Entwicklungsstadium. Viele große Unternehmen haben Pilotprojekte aufgesetzt, von denen jedoch etliche gescheitert sind beziehungsweise mit großen Schwierigkeiten zu kämpfen haben. Näheres zu relationalen Datenbanken und verteilten, skalierbaren Big-Data-Anwendungen folgt in Kapitel 10.

7.4.2 Abfrage- und Berichtssysteme

Abfrage- und Berichtssysteme erzeugen sowohl *periodische Berichte* als auch *Signalberichte*, die durch Soll-Ist-Abweichungen und das Über- oder Unterschreiten bestimmter, vorab festgelegter Schwellenwerte automatisch ausgelöst werden. Wichtig sind auch *periodische Berichte mit zusätzlichen Hervorhebungen*, durch die Ausnahmen besonders gekennzeichnet sind. Werden im Bericht bemerkenswerte Entwicklungen in numerischer, verbaler oder grafischer Form eigens herausgestellt, so sprechen Mertens und Meier (2009) von einem *Expertisesystem*. Zudem sind jederzeit vorprogrammierte *Auskünfte* sowie *frei formulierbare Abfragen* durch die Benutzer möglich. Durch Anklicken der entsprechenden Informationsobjekte am Bildschirm kann der Endbenutzer seine individuellen Auswertungswünsche selbstständig eingeben. Für die skizzierten Berichts- und Abfragefunktionen gibt es auch separate Softwarewerkzeuge, die zur Auswertung individuell entwickelter Datenbanken dienen können.

! **Abfrage- und Berichtssysteme** (engl.: query and reporting system) erlauben die weitgehend automatisierte Auswertung von Dateien und Datenbanken (Datenextraktion und -aggregation) und die ansprechende Präsentation der Ergebnisse in fester oder variabler Form. Bei Abfragen beziehungsweise Auskünften geht die Initiative vom Benutzer aus. Berichte werden systemseitig aufgrund von Vorgaben entweder periodisch oder aperiodisch erzeugt.

B In unserem *Beispiel-Lebensmittelfilialbetrieb* sind in den Filialen die Scannerkassen miteinander vernetzt und über die Hauptkasse mit einem Server verbunden. Der Marktleiter kann dadurch jederzeit am Bildschirm feststellen, welche Kassen in Betrieb sind, wie hoch die bisherige Tageslosung (Umsatz) der Filiale ist und wie viele Kunden schon an diesem Tag abgefertigt worden sind. Diese laufende Fortschreibung erfolgt automatisch. Zum Tagesabschluss werden auf Knopfdruck Standardberichte erzeugt, die aussagefähige Umsatz- und Deckungsbeitragsstatistiken für die verschiedenen Warengruppen, Planabweichungen, Bestellvorschläge usw. beinhalten. Diese Filialberichte dienen in der Zentrale des Lebensmittelfilialbetriebs beispielsweise als Basis für operative und taktische Entscheidungen in der Distribution, dem Einkauf, dem Rechnungswesen oder der Personalwirtschaft. Für Wochen- und Monatsberichte werden die gelieferten Daten der Filialen und der zentralen Verwaltung nach unterschiedlichen Gesichtspunkten zusammengefasst, mit Vorgaben verglichen und hinsichtlich der Ursachen von Abweichungen analysiert. Die Unternehmensführung lässt sich täglich über die Umsätze aller Filialen berichten. Die Berichtslegung für Absatzstatistiken und Erfolgsrechnungen (beispielsweise Gewinn- und Verlustvergleich mit der vorhergehenden Periode und der entsprechenden Vorjahresperiode nach Verkaufsgebieten und Warengruppen gegliedert) erfolgt wöchentlich oder monatlich. Durch kumulative Fortschreibung der Monatsberichte werden die Jahresberichte erzeugt.

Die übliche Darstellung zur *Hervorhebung einzelner Kennzahlen* orientiert sich an den *Ampelfarben* (engl.: traffic light color coding), wobei bestimmte betriebswichtige Kennzahlen bei Überschreiten oder Unterschreiten bestimmter Grenzen durch eine gesonderte Farbdarstellung hervorgehoben werden.

Zum Beispiel könnten in einer „Erfolgsübersicht“ unseres Lebensmittel-filialbetriebs, die in der Form eines Organigramms gestaltet ist, die in der Gewinnzone befindlichen Verkaufsgebiete grün, die ausgeglichen bilanzierenden gelb und die verlustbringenden Gebiete (Filialen) rot dargestellt werden. Die Verantwortlichen sehen damit auf einen Blick die Problembereiche.

B

7.4.3 Multidimensionale Datenmodelle und Online Analytical Processing (OLAP)

Die *interaktive Auswertung* der Datenbank eines Data-Warehouse oder von Data-Marts durch eine große Zahl von Benutzern stellt hohe Anforderungen an die Hardware und Software. Manager haben komplexe, vielschichtige Probleme zu lösen, die die vielfältigen Aspekte ihres Betriebs oder Geschäftsfelds widerspiegeln. Ihr Informationsbedarf ist *mehrdimensional*.

Der enorme Datenumfang, bis in den Terabytebereich in größeren Betrieben, verursacht bei mehrdimensionalen Auswertungen einen erheblichen Aufwand. Deshalb verwenden Business-Intelligence-Systeme für Analysezwecke oft *multidimensionale Datenmodelle*, die einen „Hyperwürfel“ repräsentieren.

Ein **Hyperwürfel** (engl.: hypercube) stellt eine Datenstruktur dar, die drei oder mehr Dimensionen umfasst. Die Benutzer können sich intuitiv in dem Würfel bewegen und an beliebiger Stelle Schnitte durch den Würfel ziehen, um Information zu vergleichen und selbstständig Berichte zu erzeugen.

!

Für solche Datenmodelle existieren spezielle, mehrdimensionale Datenbanksysteme. Es werden aber zunehmend auch herkömmliche, relationale Datenbanken dafür herangezogen. In letzterem Fall sind die Datenwerte selbst (zum Beispiel Umsätze oder Stückzahlen) als „Fakten“ gespeichert und die „Dimensionen“ werden durch Indexverzeichnisse realisiert, die einen schnellen Zugriff auf die Fakten aus unterschiedlicher Perspektive erlauben. Jede Dimensionstabelle wird hierbei mittels 1:n-Beziehung mit der Faktentabelle verknüpft. Typische *Dimensionen* sind beispielsweise die Aufbauorganisation, Produktgruppen, Regionen, Berichtsperioden und Kundengruppen.

Sollen in verschiedenen Data-Marts die gleichen Dimensionen verwendet werden, so muss darauf geachtet werden, dass für die Verknüpfung mit der Fak-

tentabelle immer *dieselbe* Dimensionstabelle verwendet wird, um Inkonsistenzen zwischen den Data-Marts zu vermeiden.

! Techniken des **Online Analytical Processing** (unübliche deutsche Übersetzung: analytische Verarbeitung in Echtzeit) erlauben die schnelle hypothesengestützte Auswertung von großen Datenbeständen, die als multidimensionale Hyperwürfel strukturiert sind. Datenbanken im operativen Betrieb haben andere Anforderungen an die Datenverarbeitung und benutzen meist Techniken des Online Transaction Processing (unübliche deutsche Übersetzung: Transaktionsverarbeitung in Echtzeit).

B Eine *typische Fragestellung in einem Lebensmittelfilialbetrieb* befasst sich beispielsweise mit den Dimensionen Umsatz pro Warengruppe und Region im Zeitverlauf.

Dieser mehrdimensionale Informationsbedarf wird durch Operationen für das „Slicing and Dicing“ sowie den „Drill Down“ unterstützt. Das *Slicing and Dicing* unterstützt die Auswahl von spezifischen Daten. Benutzer können so einen bestimmten Ausschnitt der im Hyperwürfel aggregierten Daten entlang jeder vorgesehenen Dimension „schneiden“ (engl.: to slice) oder „drehen“ (engl.: to dice, wörtlich auf Deutsch: würfeln), um so einen Überblick aus verschiedenen Blickwinkeln zu erhalten.

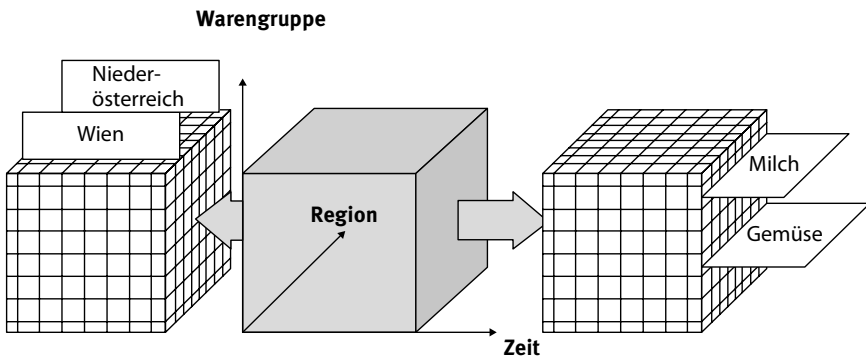


Abb. 7.11: Auswahl bestimmter Informationsausschnitte durch „Slicing and Dicing“

B So kann beispielsweise der Manager in einem *Lebensmittelfilialbetrieb* den *Ausschnitt der Datenbank* ansehen, der die Umsätze aller Warengruppen der letzten vier Quartale in Wien darstellt. Er kann dann seinen Blickwinkel verändern, um den Umsatz von Milchprodukten in allen ostösterreichischen Verkaufsregionen im gleichen Zeitraum zu betrachten (siehe Abb. 7.11).

Mithilfe des *Drill Down* können Benutzer aggregierte Information auffächern, um mehr Details zu erfahren. Damit ermöglicht der Drill Down eine Sicht auf die

Daten von der höchsten bis zur untersten Aggregationsebene. Der *umgekehrte Weg* zum größeren Überblick wird als „*Roll Up*“ bezeichnet.

Beispielsweise könnte in dem obigen Fall untersucht werden, warum in Wien der Absatz von Milchprodukten im dritten Quartal gesunken ist. Dazu wäre eine detaillierte Betrachtung der einzelnen Filialen und der einzelnen Produkte der Warengruppe sinnvoll. B

Zur Verwaltung von Data-Warehouse und Data-Marts kommen häufig *dedizierte OLAP-Server* zum Einsatz. Wenn diese zur Verwaltung der Datenbasis spezielle multidimensionale Datenbankverwaltungssysteme verwenden, so spricht man von *multidimensionalem OLAP*, Abkürzung: *MOLAP*. Setzen diese hingegen auf relationalen Datenbankverwaltungssystemen auf, so handelt es sich um *relationales OLAP*, Abkürzung: *ROLAP*. Zur Beschleunigung von OLAP kommen sogenannte *In-Memory-Techniken* zum Einsatz. Diese zeichnen sich dadurch aus, dass große Datenbestände komplett in den Arbeitsspeicher geladen und analysiert werden können. Zudem ist es möglich, die Rechenleistung auf mehrere Serverrechner aufzuteilen.

Zum Beispiel bieten SAP mit HANA und Oracle mit Exalytics entsprechende In-Memory-Lösungen an. SAS, einer der führenden Hersteller von Business-Intelligence-Software, führt ebenfalls solche Produkte unter der Bezeichnung *In-Memory Analytics*. B

7.4.4 Kennzahlenbasierte Leistungsmessung

Kennzahlen haben für das Management auf allen Ebenen eine große Bedeutung für die Leistungsmessung (engl.: performance measurement) von Betrieben und ihren Organisationseinheiten.

Betriebliche **Kennzahlen** (Synonym: Indikator; engl.: key figure, business ratio, key performance indicator) sind charakterisierende Maßzahlen, die als bewusste Verdichtung der komplexen Realität über zahlenmäßig erfassbare Sachverhalte, insbesondere über die Zielerreichung, informieren sollen. Man unterscheidet zwischen *absoluten Kennzahlen* (beispielsweise Anzahl Mitarbeiter, Produkte usw.) und *relativen Kennzahlen* (Verhältniskennzahlen) wie beispielsweise Umsatz pro Kunde oder pro Quartal. !

Kennzahlen erlauben es, im Rahmen der Planung *konkrete Ziele zu formulieren* und die Ergebnisse an diesen Vorgaben zu messen (Soll-Ist-Vergleich). Weitere *Vergleiche mit Kennzahlen* können über die Zeit (Periodenvergleiche, Zeitreihenvergleiche) und mit anderen Betrieben (Benchmarking) durchgeführt werden. Unter Benchmarking versteht man den Vergleich von Systemen aller Art

beispielsweise hinsichtlich Kosten, Leistungen, Produkten und Dienstleistungen, Prozessen oder Techniken anhand von Kennzahlen, um Verbesserungsmöglichkeiten zu ermitteln. Durch Benchmarking sollen *Anreize zu ständiger Verbesserung durch die Transparentmachung der relativen Leistungsfähigkeit* geboten werden. Die Vergleiche können

- *intern* (zum Beispiel: Filialen) und *extern*,
- *horizontal* (zum Beispiel: Lebensmittelfilialbetriebe) und *vertikal* (zum Beispiel: Erzeuger, Großhandel und Einzelhandel von Lebensmitteln),
- *national* (zum Beispiel: deutscher Lebensmittelhandel) und *international* (zum Beispiel: Lebensmittelhandel in Europa)

gezogen werden. Dabei spielt der *Vergleich mit einem anerkannten Führenden*, dem „Klassenbesten“ (engl.: best practice), eine besondere Rolle. Die Mitarbeiter werden durch Kennzahlen für besonders wichtige Aspekte sensibilisiert (Wahrnehmungs- und Kommunikationsfunktion), zur Zielerreichung motiviert (Anreizfunktion) und hinsichtlich ihrer Leistungen überprüft (Controllingfunktion). Wenn eine angestrebte Kennzahl nicht erreicht wird, so ist eine *Ursachenanalyse* der Abweichung durchzuführen und es sind *Gegensteuerungsmaßnahmen* einzuleiten.

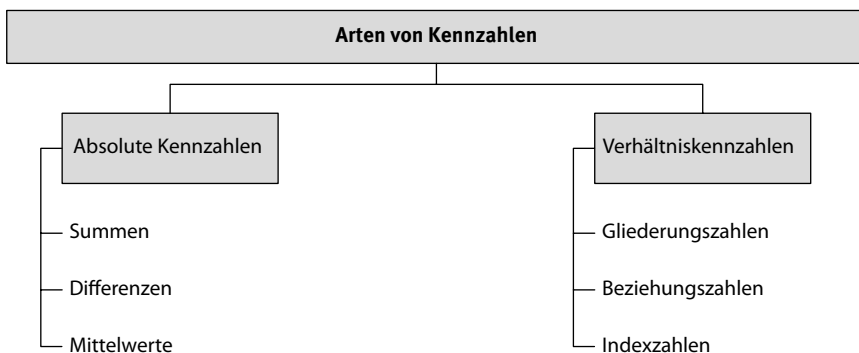


Abb. 7.12: Arten von Kennzahlen

Kennzahlen können absolute Zahlen oder Verhältniszahlen sein (siehe Abb. 7.12).

- *Absolute Kennzahlen* sind Summen (zum Beispiel Anzahl der Kunden, Produkte, Filialen, Gesamtumsatz usw.), gegebenenfalls an einem Stichtag, Differenzen (zum Beispiel Veränderung der Zahl der Kunden, Produkte, Filialen, Gesamtumsatz usw.) und Mittelwerte (Kundenzahl im Monatsdurchschnitt oder im Durchschnitt der Filialen, durchschnittliche Kaufsumme usw.).

- *Verhältniskennzahlen* sind Gliederungskennzahlen (Umsatzanteile der Warengruppen in Prozent, Anteile der Kundengruppen in Prozent, Schwundquote usw.), Beziehungskennzahlen (Kosten pro Bestellung, zu betreuende Kunden pro Verkäufer usw.) und Indexkennzahlen (Filialdichte oder Kapitalbindung im Lager, bezogen auf den Basiswert des bestimmten Jahres, Personalkosten einer Filiale im Vergleich zum Durchschnitt aller Filialen).

Typische *Leistungskennzahlen im Lebensmittelhandel* sind der Absatz einzelner Produkte (in Stück), der Bruttoumsatz, die Umschlagshäufigkeit, der Nettoertrag, die Nettohandelsspanne, der Flächenertrag und die Umsatzrendite. Kennzahlenvergleiche werden nach Betriebstyp, nach Organisationseinheiten und nach Wettbewerbern durchgeführt. Ist etwa in unserem *Beispiel-Lebensmittelfilialbetrieb die Lagerumschlagshäufigkeit*, das ist der Umsatz dividiert durch den durchschnittlichen Lagerbestand eines bestimmten Zeitraums, zu gering, so könnten die Ursachen in unzutreffenden Absatzprognosen und -planungen, der Produkt- und Programmpolitik (falsche Produktwahl, zu breites oder zu tiefes Sortiment) und den Bestellzeitpunkten liegen. Als Gegensteuerungsmaßnahmen bieten sich eine Überprüfung der Absatzplanung, der Prognoseverfahren und der Sicherheitsbestände an.

B

Problematisch ist, dass Kennzahlen zu Trugschlüssen verleiten können. Sie bilden oft nur ungenau und singular die Zielsetzung ab und vernachlässigen Aspekte, die nicht oder nur schwierig zahlenmäßig messbar sind. Deshalb bedürfen Kennzahlenwerte stets der Interpretation.

Für die Geschäftsführung unseres *Beispiel-Lebensmittelfilialbetriebs* ist die *Verhältniskennzahl IT-Kosten/Umsatz pro Jahr* ein wesentlicher Indikator für die Leistungsfähigkeit des IT-Bereichs. Im europäischen Vergleich liegt unser Beispielbetrieb mit 1,7 Prozent relativ hoch. Mitbewerber weisen IT-Kosten von durchschnittlich 1,25 Prozent vom Umsatz auf, die am kostengünstigsten arbeitenden Betriebe erreichen sogar nur 0,4 Prozent. Der IT-Leiter argumentiert zu Recht, dass man diesen Kennzahlenwert nicht isoliert betrachten dürfe. Man müsse die im Vergleich zur Konkurrenz weitaus höheren Nutzen sehen, die durch bessere Entscheidungsunterstützung und die Eröffnung neuer strategisch wichtiger Aktionsfelder (Einkaufsverbund, Webshop mit Hauszustellung in Großstädten) mittels IT realisiert werden.

B

Business-Intelligence-Systeme unterstützen die kennzahlenbasierte Leistungsmessung unter anderem durch folgende Funktionen:

- Erstellung, Wartung und Präsentation eines gegliederten Kennzahlenkatalogs mit grafischer Darstellung der Abhängigkeiten,
- periodische Neuberechnung der Kennzahlen sowie grafische und tabellarische Darstellung des Istzustands,
- Vergleichsmöglichkeit mit Zielwerten und historischen Daten sowie

- Frühwarnfunktion, falls kritische Werte über- beziehungsweise unterschritten werden.

Ein häufig verwendetes grafisches Berichtsformat der wesentlichen Leistungsindikatoren sind *Dashboards*. Sie zeigen ähnlich wie das Armaturenbrett eines Autos „auf einen Blick“ den gegenwärtigen Betriebszustand. (Nur dass kein Missverständnis entsteht: Mit so einer Übersicht über einige wesentliche Kennzahlen lässt sich ein Betrieb ebenso wenig führen wie ein Auto mittels Tachometer, Drehzahlmesser, Treibstoffanzeige usw.).



Ein **Dashboard** (deutsch: Armaturenbrett, Instrumententafel) ist im Kontext von Führungsinformationssystemen ein üblicherweise mittels Webbrowser aufgerufener Bericht, der Schlüsselkennzahlen zur Leistungsmessung (engl.: key performance indicator; Abkürzung: KPI) aus unterschiedlichen Bereichen eines Betriebs in einer konsolidierten, einheitlichen Bildschirmdarstellung meist grafisch darstellt (beispielsweise durch Geschäftsgrafiken, Landkarten oder farbige Tabellen). Der Begriff ist in Anlehnung an ein Armaturenbrett von einem Automobil oder Flugzeug geprägt worden.

Die präsentierte Information kann detailliert oder verdichtet werden. Durch intuitiv verständliche Hinweise, wie Bestandsanzeiger in Pegelform (engl.: gauge) oder Ampelfarbcodierung erkennt der Betrachter auf einen Blick die aktuelle Situation.



In Abb. 7.13 sehen Sie als *Beispiel* für die Visualisierung von Kennzahlen ein *Dashboard* für den Absatzbereich eines Lebensmitteleinzelhändlers. Es stellt im Überblick wichtige Kennzahlen mit ihren kritischen Bereichen dar. Während beispielsweise bei der Liefertermintreue Handlungsbedarf besteht, befindet sich die Reklamationsquote „im grünen Bereich“.

Der Begriff *Management-Cockpit* (deutsch: Leitstand, Pilotenkanzel) wird meist synonym für *Dashboard* verwendet. Manchmal versteht man unter einem Management-Cockpit aber auch einen speziell ausgestatteten Sitzungsraum zur anschaulichen Präsentation von Managementinformation mithilfe von schnell erfassbaren grafischen Visualisierungen (Dashboards) an den Wänden.

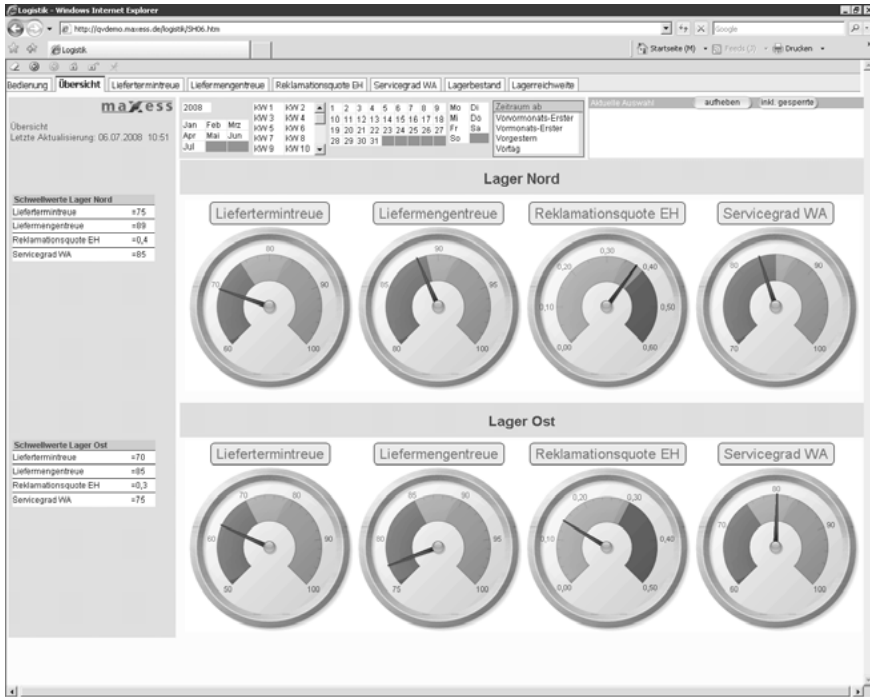


Abb. 7.13: Dashboard für den Absatzbereich eines Lebensmitteleinzelhändlers

7.4.5 Fallstudie „SPAR AG“

Im Folgenden wird ausschnittsweise ein Business-Intelligence-System dargestellt, wie es bei der österreichischen SPAR AG im Lebensmitteleinzelhandel zum Einsatz kommt. Im Jahr 2017 wurde von der SPAR-Gruppe ein Umsatz von 14,6 Milliarden Euro realisiert. Als Standardanwendungssoftware kommt in der Gruppe SAP ERP zum Einsatz. Die wesentlichen betriebswirtschaftlichen Charakteristika des Lebensmitteleinzelhandels sind einerseits das breite Sortiment von Gütern des täglichen Bedarfs (Milch, Brot, Zahncreme usw.) in vielen Verkaufsstätten und eine (in erster Linie) anonyme, jedoch potenziell enorm große Anzahl an Konsumenten auf der Nachfrageseite. Die Zusammenstellung und Optimierung des Warenangebots (Einkauf) und dessen Preisgestaltung einhergehend mit der Gestaltung und Organisation des Verkaufs des Warenangebots sind die zentralen Herausforderungen, denen Lebensmitteleinzelhändler gegenüber stehen.

Zur Unterstützung der beiden Kerngeschäftsprozesse Einkauf und Verkauf steht ein zentral organisiertes Data-Warehouse zur Verfügung. Dieses ist die Quelle für jede benötigte Information, die mittels Berichten, OLAP-Techniken

und spezieller Analysewerkzeuge abgerufen und bearbeitet werden kann. Im Data-Warehouse werden alle den *POS* (Abkürzung von engl.: point of sale) betreffenden Daten gespeichert und – ungleich Transaktionssystemen – über lange Zeiträume hinweg zur Verfügung gestellt. Dafür verwendet SPAR eine Business-Intelligence-Anwendung von SAP mit einer effizienten Form der Arbeitsspeicherindizierung für Daten eines Hyperwürfels, um kurze Antwortzeiten zu erreichen. Dies erspart in vielen Fällen die Verwendung von eigenen Data-Marts.

Die zentrale, den POS betreffende Information, die auch für die Durchführung der beiden Kerngeschäftsprozesse von Bedeutung ist, umfasst:

1. Warenausgänge aus Verkaufstransaktionen,
2. Warenzugänge aus Belieferungen und Nachversorgung,
3. Schwund aufgrund von Diebstahl oder Verderb und
4. Warenverfügbarkeit am POS.

Üblicherweise werden diese Daten zur Bewertung zuerst im zentralen ERP-System verbucht und anschließend ins Data-Warehouse übernommen. Ausnahmen hiervon sind Daten, die auch vorab ohne Bewertung hohen informativen Wert im Data-Warehouse haben und zudem zeitnäher im Data-Warehouse und somit für die Endbenutzer zur Verfügung gestellt werden können. Beispiele sind Warenausgänge aus Verkaufstransaktionen und Bestandsmengen am POS.

Typische Auswertungen, die in Form von standardisierten Berichten durch ein POS-Data-Warehouse erstellt werden, sind etwa: Umsatzentwicklung im Vergleich zum Plan und zum Vorjahr, Entwicklung der Bruttogewinnspanne, Darstellung der Warenverfügbarkeit (Bestand) am POS zu einem bestimmten Stichtag, Entwicklung der Kundenfrequenz zum Vorjahr sowie Darstellung der Kundenfrequenz und Umsatzentwicklung während eines Tags beziehungsweise pro Woche, Monat und Jahr. Solche Berichte sind meist hochverdichtet (zum Beispiel je Region) und bilden den Ausgangspunkt für weiterführende OLAP-Analysen, die Zugriff auf Detaildaten erlauben. Durch die multidimensionale Modellierung und Speicherung der Daten im Data-Warehouse ist aber nicht nur ein Zugriff auf „herkömmliche“ Wareninformation möglich, sondern auch auf jene Information, die in der Datenschnittstelle aus dem POS-System verfügbar ist (etwa Kassennummer, Belegnummer, Uhrzeit, Kassierer, Kundenkarte, ...). Typische Dimensionen in einem POS-Data-Warehouse sind:

- Zeit (Zeitstempel → Stundenintervall → Tageszeitklasse)
- Beleg (entspricht dem Warenkorb eines Einkaufs)
- Datum (Kalendertag → Wochentag → Woche → Monat → Quartal → Jahr)
- Markt (Filiale → Region → Verkaufsgebiet → Bundesland → Land)
- Kassa (→ Kassierer)

- Artikel (GTIN → Artikel → Artikelgruppe → Warengruppe → Hauptwarengruppe → Sortimentsbereich)
- Konsument (Kartenummer → Kunde)
- Aktion (Promoart → Promonummer → Werbeart)
- Bewegungsart (Abverkauf, Schwund, Wareneingang, Umlagerung, ...)

Typische Fakten sind: Menge, Verkaufswert brutto, Verkaufswert netto, Einkaufswert usw.

Die oben beschriebenen Data-Warehouse-Dimensionen sind allgemein gültig und unternehmensweit im Lebensmitteleinzelhandel einsetzbar. Nachfolgend werden die auf diesem Modell aufbauenden Anwendungsfälle Verkaufsanalyse, Warencontrolling und Betrugsaufdeckung beschrieben.

Verkaufsanalyse

Die von Einkauf und Vertrieb verwendete Verkaufsanalyse bedient sich der Dimensionen *Zeit*, *Datum*, *Markt*, *Artikel*, *Konsument* und *Aktion*, um so Aufschluss über das Käuferverhalten zu geben. Standardberichte der Verkaufsanalyse sind

- *Filialbericht*: Dieser Bericht gibt Aufschluss über die Abverkaufssituation eines Markts. Der Marktleiter kann so die Umsätze seines Markts je Tag/Woche/Monat (Umsatz Plan versus Ist, Kundenfrequenz zum Vorjahr, Durchschnittseinkauf, Sonderverkäufe usw.) abrufen. Drill-Down-Ebenen dieses Berichts sind die Sortimentsbereiche und Hauptwarengruppen.
- *Gebietsbericht*: Dieser Bericht ist eine Verdichtung des Filialberichts, erweitert um Information für den Verkaufsleiter (Durchschnittswerte des Gebiets, Reihung der Märkte, Leistungsvergleich mit anderen Gebieten).
- *Renner-Penner-Bericht*: Der Renner-Penner-Bericht ist als Analyseinstrument eine Ergänzung des Filialberichts. Er stellt die besten und schlechtesten Artikel der jeweiligen Sortimentsbereiche hinsichtlich Umsatz und Bruttogewinnspanne dar und dient dem Marktleiter als Indikator für die Warenverfügbarkeit (Umsatz) und für die im Markt durchgeführten Sonderverkäufe (Bruttogewinnspanne).
- *Kundenbericht*: Dieser Bericht zeigt auf Basis der getätigten Abverkäufe an Kundenkartenbesitzer eine Rangordnung der besten und schlechtesten Kunden. Der Kundenbericht wird in erster Linie vom Marketing und Vertrieb für die Gestaltung spezieller (individueller) Aktionsformen verwendet und bildet den Einstieg in das Data-Mining von Abverkaufsdaten hinsichtlich Kundensegmentierung und Warenkorbanalysen.
- *Aktionsbericht*: Dieser Bericht zeigt den Erfolg und Misserfolg durchgeführter Aktionen hinsichtlich Umsatz, Menge und erzielter Bruttogewinnspanne.

Der Aktionsbericht wird in erster Linie von Einkauf und Marketing verwendet.

Warencontrolling

Das *Warencontrolling* (engl.: merchandise control) ist ein Instrument zur Überwachung und Steuerung der Warenbestände in den Märkten. Im Data-Warehouse sind die für ein effektives Warencontrolling notwendigen Warenflüsse der Märkte abgebildet. Mit Standardberichten wird die Entwicklung der Bestandssituation (Bestände in Mengen, zum Einkaufswert, zum Verkaufswert) der Gruppe der Berichtsempfänger im Vertrieb (Verkaufsleiter und Marktleiter) und im Controlling zur Verfügung gestellt. Das interne Controlling verwendet OLAP-Berichte, um die Ursachen für Abweichungen aufzudecken. Ziel dieses Berichtsinstrumentariums ist das frühzeitige Erkennen beziehungsweise Vermeiden von Inventurdifferenzen in den Märkten sowie das Erkennen von Fehlentwicklungen in der Bewertung von Beständen.

Betrugserkennung

Neben den warenbezogenen Fragestellungen der Verkaufsanalyse und des Warencontrollings ist die *Betrugserkennung* (engl.: fraud detection) ein Instrumentarium der internen Revision zum gezielten Suchen und Aufdecken von betrügerischen Aktivitäten des Personals in den Filialen. Dieser Thematik wird im Datenmodell Rechnung getragen, indem alle im Rahmen des Verkaufsprozesses erzeugten Daten zusätzlich mit der Dimension „Kassa/Kassierer“ im Data-Warehouse gespeichert werden. Voraussetzung für die Speicherung derartiger Daten ist die Zustimmung des Betriebsrats. Auf dieser Basis sind die Standardberichte zur Beurteilung von Kassierern definiert. Alle einen Kassierer betreffenden Daten werden auf die dem Kassierer zuordenbare Umsatzsumme normiert. Typische Kennzahlen zur Beurteilung von Kassierern sind somit etwa „Storno in Prozent zum Umsatz“, „Retouren in Prozent zum Umsatz“, aber auch „Kassierdauer“ und „Umsatz pro Zeiteinheit“. Das Standardberichtswesen der Betrugserkennung bildet den Einstiegspunkt im Rahmen der Arbeit des internen Revisors.

B

Ein *typischer Analysevorgang* wird in Abb. 7.14 gezeigt. Zu Beginn ruft der Benutzer ein interaktives Balkendiagramm für entscheidungsrelevante Kennzahlen auf. Im Beispiel werden die prozentualen Anteile der Stornos, Erlösschmälerungen (Abkürzung: ESM), Fehlbeträge (Manko) sowie Retouren am Gesamtumsatz dargestellt, wobei jede Spalte einer Filiale entspricht. Der schwarz umrandete Balken zeigt eine besonders starke Abweichung der Stornos in einer bestimmten Filiale. Für jeden Balken kann ein Bericht angezeigt werden, der für jeden Kassierer (einzelne Zeilen) Umsatz und prozentuale Stornos auflistet. Die Abweichung in der ersten Zeile (101,40%) ist besonders stark: ein Drill Down zeigt einen Detailbericht auf Tagesbasis für diesen Kassierer, der am 27.08. eine extreme Abweichung der Stornos aufdeckt.

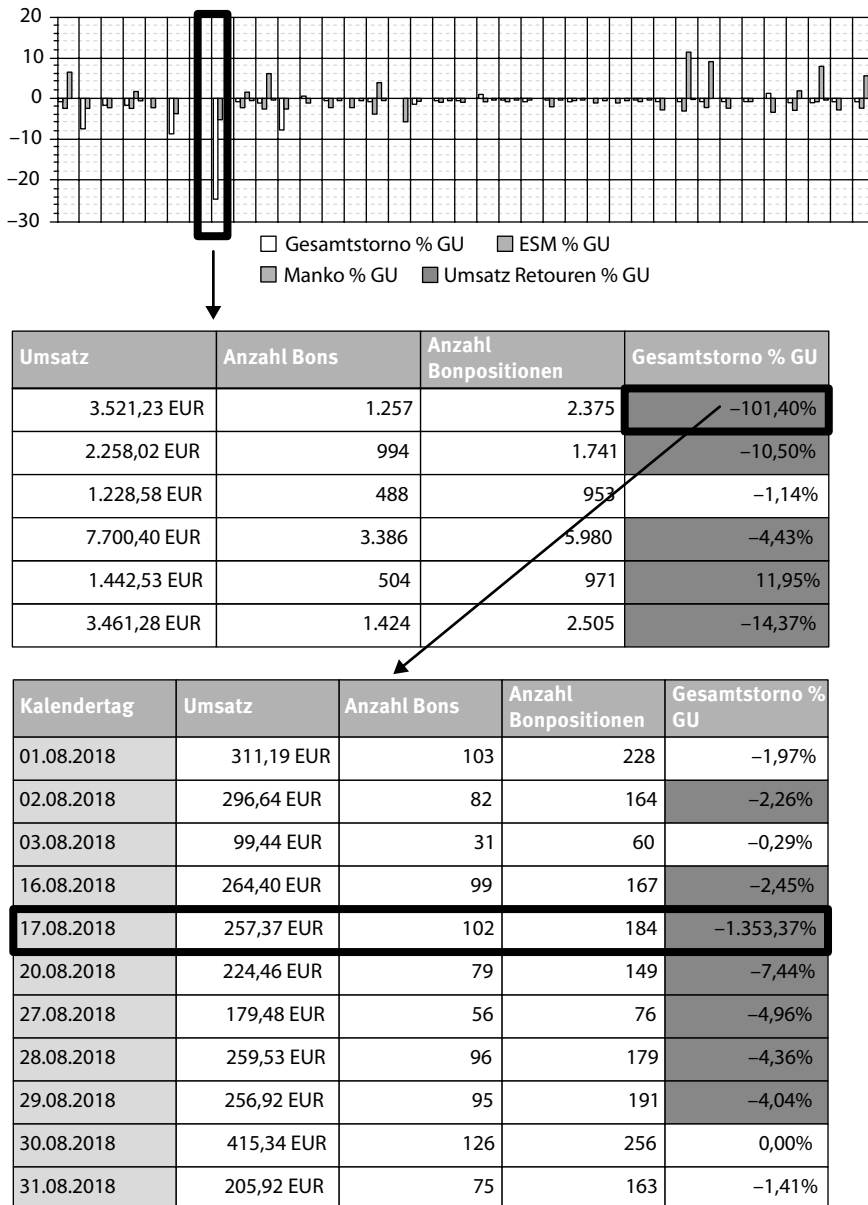


Abb. 7.14: Typischer Analysevorgang bei der Betrugserkennung

Ergänzend zu diesen Bereichen bildet das auf Data-Mining basierende automatische Suchen von Auffälligkeiten in den Daten durch Clusteranalyse einen

wichtigen Teil der Betrugserkennung. Hier sind die Fragestellungen im Vorhinein unbekannt. Nur die Aufgabe (etwa Clusterbildung) ist bekannt. Der für die Aufgabe jeweils passende Data-Mining-Algorithmus wird mit einem Bezugspunkt (dem Kassierer) parametrisiert. Die Ergebnisse des Data-Minings werden dann in Form von OLAP-Berichten dem internen Revisor zum Abruf zur Verfügung gestellt. Neben der Ermittlung von betrügerischen Aktivitäten werden die Berichte auch zur Erkennung von Schulungsbedarfen (beispielsweise anhand des Anteils fehlerhafter Stornobuchungen) herangezogen.

7.5 Konzeptorientierte, vorkonfigurierte Managementunterstützungssysteme

Im Idealfall unterstützen moderne Managementunterstützungssysteme sämtliche Managementprozesse auf operativer, taktischer und strategischer Ebene. Die einzelnen Komponenten sind hierbei stark integriert, um den Zugriff auf die unterschiedlichen Auswertungen und den Datenaustausch so reibungslos wie möglich zu gestalten.

B

Beispielsweise bietet SAP zur Managementunterstützung ein Bündel von Lösungen an, die auf der Business-Suite aufsetzen. Dazu gehören

- analytische Komponenten für den operativen Bereich, die teils funktionsbereichs- und teils branchenorientiert ausgelegt sind (Analytic Applications), und Business-Intelligence-Komponenten (Business Intelligence),
- Werkzeuge zur Unterstützung strategischer Entscheidungen, insbesondere bezüglich Prognose, Planung, Budgetierung und Publizitätspflichten (Enterprise Performance Management) sowie der Unternehmenssteuerung und -kontrolle (Governance, Risk, Compliance),
- Werkzeuge für die ganzheitliche Verwaltung von sehr großen Beständen strukturierter und unstrukturierter Daten aus unterschiedlichen Quellen (Enterprise Information Management) und die Datenspeicherung (Data-Warehouse).

Im Folgenden betrachten wir zunächst *analytische Anwendungssysteme* speziell für das operative Management, danach *Softwarekomponenten*, die besonders für das Topmanagement geeignet sind und schließlich *Steuerungssysteme*, die auf allen Führungsebenen Anwendung finden.

7.5.1 Analytische Anwendungssysteme

Klassische Entscheidungsunterstützungssysteme bieten Flexibilität bei der Wahl der Methoden beziehungsweise Modelle, der auszuwertenden Daten und der

Aufbereitung der Ergebnisse. Das erfordert vom Benutzer eine entsprechend hohe Fachkompetenz. In vielen Fällen handelt es sich um isolierte Systeme, für die der Benutzer vor einem Programmdurchlauf selbst die erforderlichen Daten bestimmen und beschaffen muss. Im Gegensatz hierzu sind *analytische Anwendungssysteme* typischerweise in Informationssysteme auf operativer Ebene (ERP-Systeme und außenwirksame Informationssysteme, siehe Kapitel 5 und 6) eingebunden. Sie determinieren auf der Basis vorhandenen Geschäftswissens die für bestimmte Entscheidungsgegenstände relevanten Methoden und Modelle samt den benötigten Daten, ihren Quellen und die Präsentation der Ergebnisse (siehe Abb. 7.15).

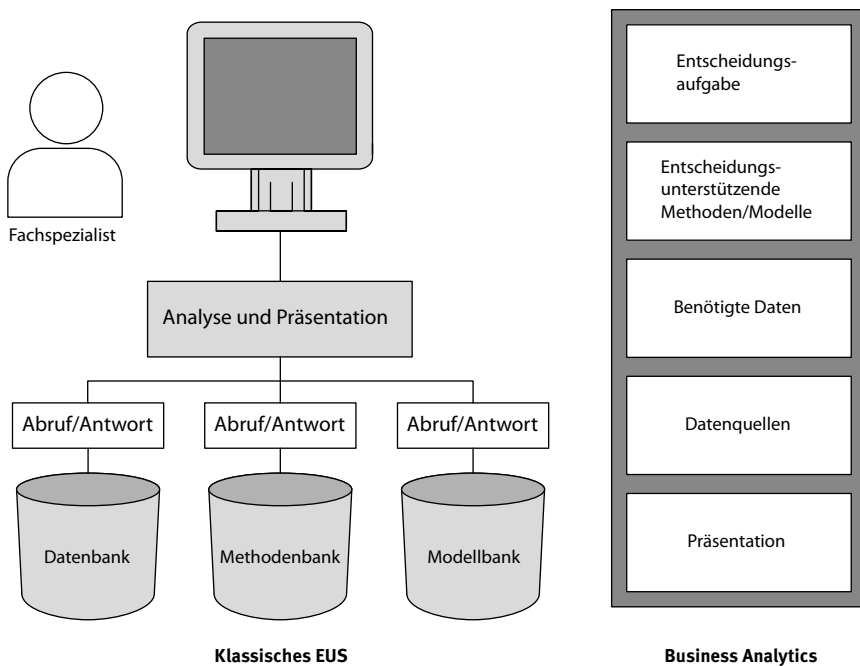


Abb. 7.15: Formen der Entscheidungsvorbereitung in klassischen Entscheidungsunterstützungssystemen und analytischen Anwendungssystemen (in Anlehnung an Mertens und Meier (2009)).

Analytische Anwendungssysteme (engl.: business analytics) sind vorgefertigte, üblicherweise in ERP- und außenwirksame Informationssystemen integrierte Lösungen zur Unterstützung von Fachspezialisten bei spezifischen betrieblichen Entscheidungsprozessen auf operativer und taktischer Ebene. Die für das jeweilige Entscheidungsfeld relevanten Methoden beziehungsweise Modelle, Daten und Datenquellen sind zu Modulen gekapselt. Ein typisches Anwendungsgebiet ist die Messung der Effektivität und Effizienz von Geschäftsprozessen.



Die Bezeichnung „Business Analytics“ ist auch im deutschen Sprachraum gebräuchlich; die unübliche wörtliche Übersetzung lautet „Geschäftsanalytik“ („Analytik“ ist laut Duden „die Kunst oder Lehre der Analyse“, wobei Analyse die systematische Untersuchung eines Gegenstands oder Sachverhalts hinsichtlich aller Komponenten oder Faktoren, die ihn bestimmen, bedeutet). Entsprechende Funktionen gibt es unter anderem in den betrieblichen Bereichen Kundenbeziehungsmanagement, Supply-Chain-Management oder Humankapitalanalyse. Wir betrachten nachfolgend exemplarisch Finanzanalyse-systeme.

Ausgangspunkt der Finanzanalyse sind die Daten des Finanz- und Rechnungswesens (siehe Abb. 7.16), die bei der Istanalyse (Stärken, Schwächen, Verbesserungsvorschläge) und für die operative Planung ausgewertet werden. Die *Istanalyse* beinhaltet Auswertungen zur Ermittlung der gegenwärtigen Finanz- und Ertragslage eines Betriebs. Dabei liegt der Schwerpunkt auf der Effektivitätsmessung als Basis für Entscheidungen, wo und wie Verbesserungen möglich sind.

Die *analytischen Planungsanwendungen* beziehen sich vorwiegend auf den Ressourceneinsatz. Hierzu stehen vorgefertigte Lösungen in Form von Prognosemodellen und Was-wäre-wenn-Szenarien zur Verfügung. Mit letzteren sollen Fragen beantwortet werden wie: „Welche Ressourcen (Menge, Kosten) werden benötigt, wenn ...?“, „Wie würde sich eine höhere Lagerumschlagshäufigkeit auf die Liquidität auswirken?“ oder „Welchen Effekt hätten kürzere Lieferzeiten auf das Budget?“ Im Blickpunkt steht hier die ganzheitliche Sicht des Betriebs, daher erfolgen diese Simulationen auf Basis von aggregierten Daten. Da alle Zahlen mit den entsprechenden Kalkulationsschemata hinterlegt sind, kann die Änderung des gesamten Systems quasi auf Knopfdruck nachvollzogen werden.

Die wichtigsten Gebiete der Finanzanalyse sind:

- Analyse des *finanzwirtschaftlichen Erfolgs* durch Kennzahlen zur Produktivität (Intensität des Ressourceneinsatzes, Kostenanteile), Rentabilität (Eigenkapital-, Gesamtkapital-, Umsatzrentabilität) und Cashflow (das ist der finanzielle Überschuss aus der operativen Geschäftstätigkeit) mit Soll-Ist-, Perioden-, Zeit- und Betriebsvergleichen.
- Analyse der *Kostenstruktur* zur Bestimmung der Kostentreiber, der Primär- und Sekundärkosten, der Zusammenhänge zwischen Kosten, Margen und Gewinnen sowie Kostenkontrolle (Vergleich von vorhergesagten mit aktuellen Werten, Abweichungsanalyse, Frühwarnung),

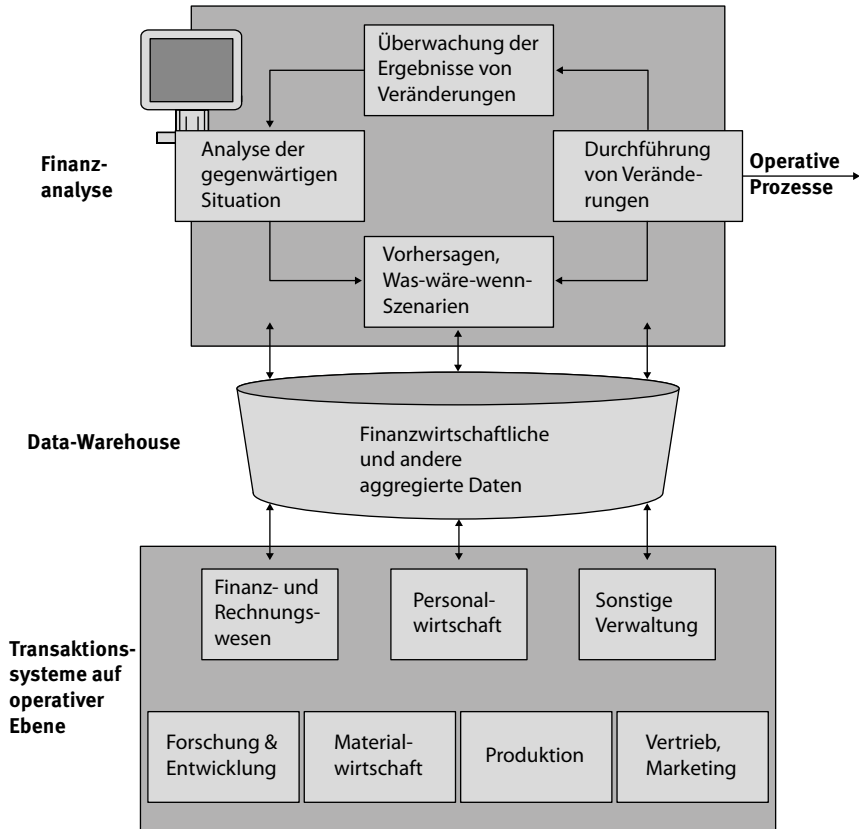


Abb. 7.16: Architektur eines Finanzanalysesystems

- Analyse des *Ausgabenzyklus* (Geldflüsse), das heißt, des Prozesses von der Bestellanforderung bis zur Bezahlung, um Verbesserungen hinsichtlich der Konditionen, Verträge, Zahlungsformen und der notwendigen Kassenhaltung herauszufinden (Finanzmitteldisposition) sowie um kritische Ausgabenkategorien besser zu kontrollieren,
- Analyse des *Umsatzzyklus*, das heißt, des Prozesses vom Eingang eines Kundenauftrags bis zur Auslieferung, um die Auswirkungen einer Beschleunigung oder Verzögerung der einzelnen Phasen der Verkaufsabwicklung sowie von Stornierungen, Retouren usw. auf Cashflows, Umsätze und Gewinne zu ermitteln,
- Analyse des *Zahlungsverkehrs mit Kunden*, um beispielsweise die Kunden zu klassifizieren, um Zahlungseingänge vorherzusagen, Zahlungsausfalls- und Liquiditätsrisiken aufzuzeigen, Anhaltspunkte für die Preisfindung und die

Rabattpolitik zu gewinnen sowie die Wirksamkeit des Mahnwesens festzustellen,

- Analyse des *Zahlungsverkehrs mit Lieferanten*, um kritische Lieferanten zu identifizieren, die Zahlungsausgänge vorherzusagen und zu optimieren, die Zahlungsbedingungen zu verbessern, die Ausnutzung von Rabatten und Skonti zu maximieren, die Effizienz des Buchhaltungspersonals zu kontrollieren und eventuelle Unregelmäßigkeiten aufzudecken.

7.5.2 Topmanagementinformationssysteme



Topmanagementinformationssysteme (engl.: executive information system, Abkürzung: EIS) sind besonders einfach bedienbare, meist grafisch orientierte Abfrage- und Berichtssysteme, die dem oberen Management (beziehungsweise deren Assistenten) rasch Überblicksinformation liefern. Schwerpunkte sind eine umfassende, kompakte Darstellung der Bedingungs-lage (betriebliche Situation und Umfeld), strategisches Controlling (Schlüsselkennzahlen und kritische Erfolgsfaktoren, Ausnahmeberichterstattung), Erfolgsrechnung sowie Konsolidierung.

„Executives“ sind die Mitglieder der oberen Führungsebenen. Ein Topmanagementinformationssystem oder Executive Information System (EIS) soll dementsprechend die Aufgaben des oberen Managements unterstützen. Da derartige Systeme in hohem Ausmaß an die Informationsstrukturen und an die Bedingungs-lage eines Betriebs angepasst sein müssen, können fertige Systeme nicht auf dem Markt erworben werden. Stattdessen existieren Baukästen für die Entwicklung von EIS, über die die Systeme firmenindividuell gestaltet werden können.

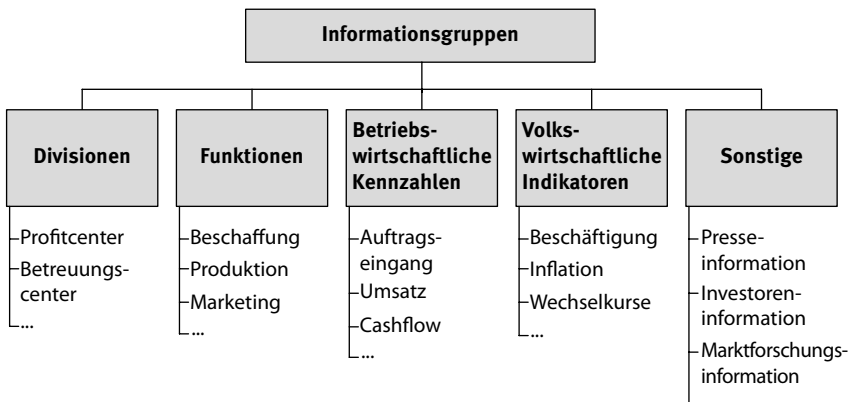


Abb. 7.17: Informationsgrobstruktur von EIS

Abb. 7.17 zeigt Ihnen Typen von Information, die die *Inhalte eines EIS* bilden. Inhaltlich dominiert in EIS *strategische Controllinginformation*. Durch die mengen- und wertmäßige Darstellung von Zielwerten, Mitteleinsatz und Leistungen soll die Transparenz des Betriebsgeschehens verbessert und das Unternehmen effizienter gesteuert werden können. Das Controlling basiert auf den Jahresplanungen in den einzelnen Betriebsbereichen und wird auf der Abteilungsebene fortgesetzt. Dabei werden die Kennzahlen der einzelnen Abteilungen zusammengeführt und in einen meist einjährigen Wirtschaftsplan übergeleitet und fortgeschrieben. Diese Information unterstützt unter anderem folgende Aufgabenfelder:

- Bei der *internen und externen Strategieplanung* werden Portfolioanalysen und Markt- beziehungsweise Wettbewerbsanalysen durchgeführt, strategische Betriebsziele erarbeitet und Stärken-Schwächen-Analysen erstellt.
- *Kontroll- und Steuerungsfunktionen* umfassen auf horizontaler Ebene sämtliche operativen Controllinginstrumente (Profitcenterrechnung, Außendienstrechnung, Investitionsrechnung, Cashflow-Analysen, Bilanzanalyse). *Soll-Ist-Vergleiche* und *Trendanalysen* unterstützen insbesondere das strategische Controlling im Betrieb.
- In der *Erfolgsrechnung* werden abrechnungsorientierte Verfahren wie Finanzbuchhaltung und Bilanzierung durch entscheidungsorientierte Planungsrechnungen ergänzt.

EIS werden so ausgelegt, dass sie das *Management by Exception* unterstützen. Bei diesem Führungsstil werden Entscheidungsbefugnisse an die nachgelagerten Managementebenen delegiert. Die Sollwerte aus den Zielvereinbarungen und die bei der Durchführung realisierten Istwerte werden im EIS erfasst und laufend verglichen. Das Topmanagement greift nur dann ein, wenn außerordentliche Abweichungen vom angestrebten Ziel auftreten. Der Zweck liegt in der Entlastung der Führungsspitze und einer verstärkten Motivation im mittleren Management.

7.5.3 Betriebsweite Steuerungssysteme

Betriebsweite Steuerungssysteme (engl.: corporate guidance and control system) unterstützen Führungskräfte auf allen Ebenen bei der Entwicklung, Umsetzung und Kontrolle von betriebsweiten Strategien. Kennzeichnend ist ein Regelkreis, basierend auf der Definition von konkreten Zielen und entsprechenden Maßnahmen (Planung) sowie der Überprüfung der Zielerreichungsgrade durch analytische Systeme (Kontrolle). Typische Instrumente sind Kennzahlensysteme und Balanced-Scorecard-Systeme.



Durch *Kennzahlensysteme* werden Sachverhalte in ihrer Gesamtheit betrachtet, indem nicht nur einzelne Kennzahlen, sondern eine Zusammenstellung signifikanter Kennzahlen, die unterschiedliche Aspekte messen, untersucht werden. Kennzahlensysteme werden auf einen Betrieb als Ganzes oder die einzelnen Geschäftsbereiche angewendet.



Ein **Kennzahlensystem** (engl.: ratio system, performance measurement system) ist eine Zusammenstellung von einzelnen Kennzahlen, die in einer sachlich sinnvollen Beziehung zueinander stehen, einander ergänzen oder erklären und insgesamt auf ein gemeinsames, übergeordnetes Ziel ausgerichtet sind (nach Reichmann et al. 2017). Bei *Rechensystemen* besteht eine rechnerische Verknüpfung zwischen den einzelnen Kennzahlen, bei *Ordnungssystemen* sind die Kennzahlen lediglich sachlogisch gruppiert.

Im Zusammenhang mit Planungs- und Kontrollsystemen sind *Rechensysteme* besonders bedeutsam. Auf oberster Ebene der Baumstruktur steht die oberste Zielkennzahl, die nach unten stufenweise aufgespaltert wird.



Bekannte Beispiele für Kennzahlenrechensysteme sind das DuPont-System of Financial Control oder das ZVEI-Kennzahlensystem des Zentralverbands der Elektrotechnischen Industrie.

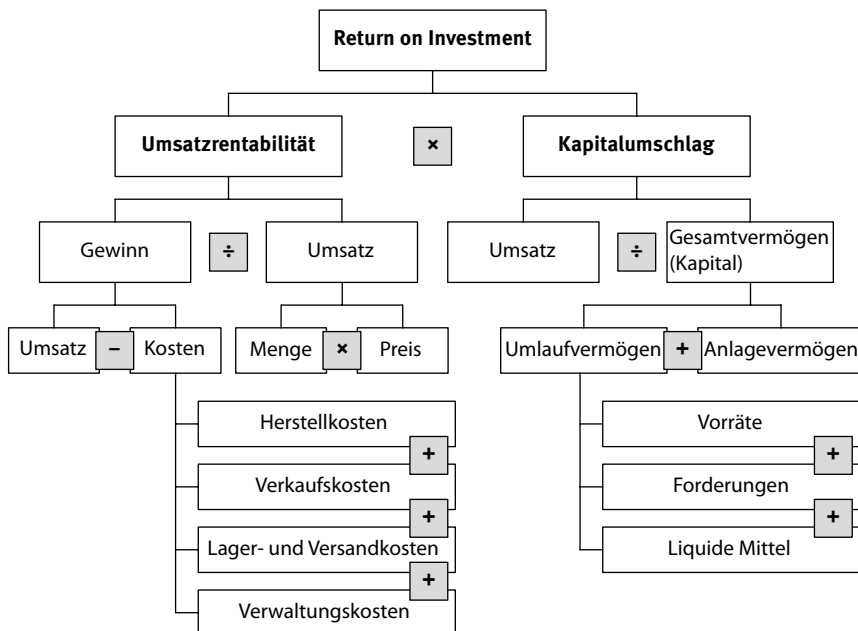


Abb. 7.18: DuPont-Kennzahlenbaum

Beim *DuPont-Kennzahlenbaum* (siehe Abb. 7.18) steht die Kennzahl *Return on Investment* (Abkürzung: ROI) an der Spitze, die in zweiter Ebene in *Umsatzrentabilität* und *Kapitalumschlag* aufgespalten wird. Die *Umsatzrentabilität* wird errechnet, indem der Gewinn durch den *Umsatz* dividiert wird. Der *Gewinn* wird ermittelt, indem vom aggregierten *Umsatz* die *einzelnen Kostenarten* abgezogen werden. Der *Kapitalumschlag* wird errechnet, indem der *Umsatz* durch das *Gesamtvermögen* dividiert wird. Das Gesamtvermögen ergibt sich durch Addition von Anlage- und Umlaufvermögen.

Von den Vorschlägen zur Operationalisierung von Strategien mittels eines Kennzahlensystems, das sowohl die interne Wertschöpfung als auch von außen vorgegebene Renditeerwartungen integriert, hat die von Kaplan und Norton im Jahr 1992 entwickelte *Balanced Scorecard* die größte Beachtung gefunden.

Die **Balanced Scorecard** (Abkürzung: BSC; unübliche deutsche Übersetzung: ausgewogener Berichtsbogen) ist eine kennzahlenorientierte Methode zur Strategieimplementierung, die quantitative und qualitative Beschreibungen von betriebsinterner und -externer Sicht im Hinblick auf ein einziges Oberziel zusammenführt und damit eine umfassende, an der Strategie orientierte Steuerung eines Betriebs ermöglicht. Dabei werden vier Sichtweisen integriert: Finanz-, Kunden-, interne Geschäftsprozess- sowie Lern- und Entwicklungsperspektive.



Bei der *Balanced Scorecard* handelt es sich um *kein vordefiniertes Kennzahlensystem*, sondern vielmehr um ein *organisatorisches Rahmenwerk (Vorgehensmodell)* für die Erstellung eines Berichts- und Leistungsmessungssystems, das auf ausgewogenen, betriebsindividuellen Kennzahlen basiert. Eine *Balanced Scorecard* muss also *betriebsindividuell entwickelt* werden. Abb. 7.19 zeigt die Umsetzung von Vision und Strategie in die *vier Perspektiven*, nämlich der

- Lern- und Entwicklungsperspektive,
- internen Prozessperspektive,
- Kundenperspektive und
- Finanzperspektive.

Je Perspektive sollte man sich drei bis fünf strategische Ziele setzen und diese samt den zugehörigen Messgrößen, operationalen Zielen und Aktivitäten in die entsprechenden Felder eintragen.

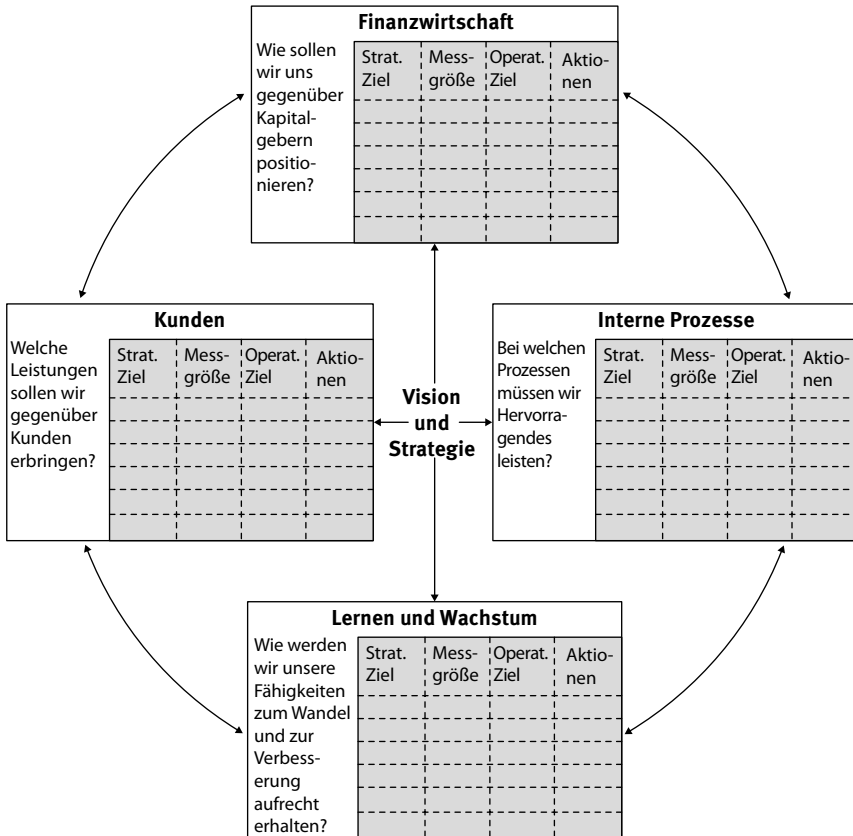


Abb. 7.19: Aufbau einer Balanced Scorecard (in Anlehnung an Kaplan und Norton, 2018)

Auf unterster Ebene werden die notwendigen Qualifikationen der Mitarbeiter den fachlichen Kompetenzen gegenübergestellt (*Lern- und Entwicklungsperspektive*). Die darüber liegende Ebene zeigt, wie die internen Geschäftsprozesse die Kundensicht beeinflussen (*interne Prozess- und Kundenperspektive*). Die oberste Ebene stellt die Einflussfaktoren auf die finanzielle Sicht des Betriebs dar (*Finanzperspektive*). Dadurch erfüllt die Balanced Scorecard folgende Funktionen:

- *Klärung und Vermittlung von Vision und Strategie:* Die Balanced Scorecard verfolgt das Ziel, innerhalb eines Betriebs ein gemeinsames Verständnis von Vision und Strategie zu entwickeln. Diese gemeinsame Sprache stellt ein notwendiges Fundament für eine erfolgreiche Strategieumsetzung und zukünftiges strategisches Lernen dar.
- *Kommunikation der Strategie:* Wenn eine erste Balanced Scorecard vorliegt, wird in einem nächsten Schritt die Strategie mithilfe der Scorecard kommu-

niziert. Jeder Mitarbeiter kann so seinen persönlichen Beitrag zur Strategie erkennen und, anhand von Kennzahlen, den Beitrag seines Handelns zur erfolgreichen Umsetzung der Strategie nachvollziehen.

- *Umsetzung der Strategie:* Die Balanced Scorecard hilft bei der Umsetzung der Strategie, indem für die aus den strategischen Zielen abgeleiteten Kennzahlen Richtwerte als Meilensteine vereinbart werden, die den Weg zu einer erfolgreichen Strategieumsetzung beschreiben und gleichzeitig Orientierung geben.
- *Strategisches Feedback und Lernen:* Die Balanced Scorecard begnügt sich nicht mit der Zielvereinbarung, Durchführung und Kontrolle. Sie macht Strategie zur Aufgabe eines jeden, aus der festen Überzeugung heraus, dass die Entwicklung und Verwirklichung einer erfolgreichen Strategie niemals allein Aufgabe des Topmanagements sein kann.

Fortschrittliche Balanced-Scorecard-Programme unterstützen die Definition von Strategien und Scorecards, ihre Aktualisierung, Präsentation und Kommunikation. Für die *fachliche Definition* kann oft auf Strategievorlagen und gängige Kennzahlensysteme zurückgegriffen werden. *Strategievorlagen* (engl.: strategy pattern) sind modellhaft vorgegebene Gesamtstrategien für spezifische Branchen, die vom Anwender an die eigenen Bedürfnisse angepasst werden können. Im Rahmen der *Aktualisierung* werden den in der Strategie festgelegten Kennzahlen Istwerte zugeführt, Soll-Ist-Vergleiche angestellt, Zustände ermittelt und diese Angaben zum Erfolg eines strategischen Ziels aggregiert. Zur *Präsentation und Kommunikation* wird die hinterlegte Balanced-Scorecard-Information aufbereitet und den jeweils Verantwortlichen zugänglich gemacht.

Die wichtigsten Punkte

1. Betriebliche Entscheidungen werden auf strategischer, taktischer und operativer Ebene von entsprechenden Informationssystemen unterstützt.
2. Data-Science bezeichnet die Extraktion von Wissen durch die Aufbereitung und Analyse von sehr großen, heterogenen Datenbeständen, um daraus Handlungsempfehlungen für das Management abzuleiten. Klassische Entscheidungsunterstützungssysteme arbeiten mit Entscheidungsmethoden und -modellen, um Prognosen, Optimierungen und Simulationen zu ermöglichen.
3. Business-Intelligence-Systeme integrieren entscheidungsrelevante Information aus verschiedenen Quellen und bieten Auswertungsmöglichkeiten, die das Management unterstützen.
4. Data-Mining ermöglicht es, bisher unbekannte Zusammenhänge aus Datenbeständen zu ermitteln.

5. Kennzahlen spielen eine wichtige Rolle bei der Unterstützung des Managements. Sie können in Kennzahlensystemen wie der Balanced Scorecard zusammengefasst werden.



Übungs- und Lehrmaterialien zu diesem Kapitel finden Sie im Web über den abgebildeten QR-Code. Richten Sie Ihre Smartphone- oder Tablet-Kamera auf das nebenstehende Bild, um zu den Inhalten zu gelangen.

Literatur

- D. Arnott, G. Pervan: A Critical Analysis of Decision Support Systems Research, *Journal of Information Technology*, 20.2 (2005), S. 67–87.
- P. Chamoni, P. Gluchowski (Hrsg.): *Analytische Informationssysteme: Business Intelligence-Technologien und -Anwendungen*, 5. Auflage, Springer, Berlin 2015.
- P. Gluchowski, R. Gabriel, C. Dittmar: *Management Support Systeme und Business Intelligence: Computergestützte Informationssysteme für Fach- und Führungskräfte*, 2. Auflage, Springer, Berlin 2008.
- R. Kaplan, D. Norton: *Balanced Scorecard: Strategien erfolgreich umsetzen*, Schäffer-Poeschel, Stuttgart 2018.
- W. Lemahieu, S. vanden Broucke, B. Baesens: *Principles of Database Management: The Practical Guide to Storing, Managing and Analyzing Big and Small Data*, Cambridge University Press, Cambridge, UK 2018.
- G. Mayraz, G.E. Hinton: Recognizing Handwritten Digits Using Hierarchical Products of Experts, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 24.2(2002), S. 189–197.
- P. Mertens, M.C. Meier: *Integrierte Informationsverarbeitung 2: Planungs- und Kontrollsysteme in der Industrie*, 10. Auflage, Gabler, Wiesbaden 2009.
- M. A. Nielsen: *Neural Networks and Deep Learning*, Determination Press, 2015.
- C. O’Neil, R. Schutt: *Doing Data Science: Straight Talk from the Frontline*. O’Reilly Media, Sebastopol, CA 2013.
- T. Reichmann, M. Kißler, U. Baumöl: *Controlling mit Kennzahlen: Die systemgestützte Controlling-Konzeption*. 9. Auflage, Vahlen, München 2017.
- R. Sharda, D. Delen, E. Turban: *Business Intelligence, Analytics, and Data Science: A Managerial Perspective*, 4. Auflage, Pearson Education, Carmel, IN 2017.
- I.H. Witten, E. Frank, M.A. Hall: *Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques*, 4. Auflage, Morgan Kaufmann, Burlington, MA 2016.

8 Planung, Entwicklung und Betrieb von Informationssystemen

8.1	IS-Management — 332		
8.2	IS-Planung — 334		
8.2.1	Strategische, langfristige IS-Planung — 335		
8.2.2	IT-Controlling and IT-Governance — 336		
8.2.3	Vorgehen bei der strategischen IS-Planung — 339		
8.2.4	Strategische Softwareplanung — 343		
8.3	IS-Entwicklung — 349		
8.3.1	IS-Projektplanung — 350		
8.3.2	Phasen und Aktivitäten in IS-Projekten — 352		
8.3.3	Requirements-Engineering — 356		
8.3.4	Entwurf und Implementierung von Informationssystemen — 359		
		8.3.5	Testen von Informationssystemen — 361
		8.3.6	Change-Management — 364
		8.3.7	Vorgehensmodelle für IS-Entwicklungsprozesse — 367
		8.4	IS-Betrieb — 374
		8.4.1	Störungsmanagement — 375
		8.4.2	Problemmanagement — 376
		8.4.3	Integration von Entwicklung und Betrieb mit DevOps — 378
			Die wichtigsten Punkte — 379
			Literatur — 380

Kapitelübersicht

Dieses Kapitel diskutiert die wichtigsten Aspekte des Informationssystemmanagements, insbesondere die Planung, die Entwicklung und den Betrieb von Informationssystemen. Betriebliche Informationssysteme sind komplex, daher erfordert deren Management ein systematisches Vorgehen. Die strategische Informationssystemplanung bildet dafür die Grundlage. Anhand der Informationssystemarchitektur lassen sich verschiedene Entwicklungsprojekte abgrenzen. Solche Projekte umfassen typischerweise die Geschäftsprozessmodellierung, das Requirements-Engineering, den Entwurf und die Implementierung sowie das Testen und das Change-Management. Verschiedene Vorgehensmodelle liegen vor, um diese Aktivitäten aufeinander abzustimmen. Der Betrieb von Informationssystemen erfordert Vorgehensweisen, um Störungen und Probleme zu handhaben. Die entsprechenden Prozesse werden ebenfalls vorgestellt.

Lernziele

Ziel dieses Kapitels ist der Erwerb von Kenntnissen über die grundlegenden Konzepte der Planung, der Entwicklung und des Betriebs von Informationssystemen. Nach dem Durcharbeiten dieses Kapitels sollten Sie

- die grundsätzlichen Aufgaben des IS-Managements, der IS-Planung, der IS-Entwicklung und des IS-Betriebs verstehen,
- die Phasen der Softwareentwicklung aus organisatorischer und technischer Sicht abgrenzen und erklären können,
- die wichtigsten Vorgehensmodelle für die Softwareentwicklung beschreiben und unterscheiden können,
- die unterschiedlichen Aspekte des Requirements-Engineerings sowie die Sichten der beteiligten Personenkreise wiedergeben können und
- die wichtigsten Aufgaben im Rahmen der Behandlung von Störungen und Problemen beim IS-Betrieb darstellen können.

8.1 IS-Management



Das **IS-Management** (engl.: information system management) umfasst die organisatorischen, planerischen und dispositiven (verfügenden) Tätigkeiten für die Planung, die Entwicklung, den Betrieb und die Kontrolle von betrieblichen Informationssystemen. Entsprechend der Bedeutung der Ressource *Information* für einen Betrieb muss das IS-Management eine Informationsinfrastruktur bereitstellen, die dazu beiträgt, die Erfolgspotenziale des Betriebs zu sichern und weiter auszubauen.



In unserem *Beispiel-Lebensmittelfilialbetrieb* wird ein Warenwirtschaftssystem genutzt. Dieses Warenwirtschaftssystem ist zwar ein komplexes, aber nicht das einzige Informationssystem in dem Betrieb. Einerseits gab es schon isolierte Vorläufer, andererseits werden im Lauf der Zeit neue Anforderungen an Informationssysteme entstehen. Zum Beispiel soll ein veraltetes Informationssystem für die Buchhaltung durch ein moderneres Informationssystem ersetzt werden, das die heutigen Anforderungen an Planung, Steuerung und Überwachung von Betrieben bestmöglich unterstützt. Außerdem sollte ein Tourenplanungssystem eingeführt werden, von dem sich Mitarbeiter der Logistik nicht nur eine effizientere und effektivere Routenplanung versprechen, sondern auch eine erhebliche Arbeitserleichterung erwarten. So entsteht schrittweise eine Reihe von Teilinformationssystemen. Die permanenten Wandlungen des sozialen, ökologischen und organisatorischen Umfelds und der technische Fortschritt erfordern eine stetige Fortentwicklung dieser Systeme. Eine der Aufgaben des IS-Managements ist, dafür zu sorgen, dass Einzelsysteme nicht isoliert voneinander entstehen und agieren.

Die Leistungsfähigkeit der IS-Infrastruktur wird einerseits durch den IS-Betrieb und andererseits durch die Entwicklung und Einführung neuer Informationssysteme gewährleistet. Wie legt man nun fest, *welche Informationssysteme neu zu entwickeln, weiterzuentwickeln oder einzuführen sind*? Man behilft sich mit einem strategischen Überbau – einer unternehmensweiten und langfristigen Planung der Informationssysteme (siehe Abb. 8.1). Aus einer übergeordneten strategischen Planung, die an die strategische Gesamtunternehmensplanung gekoppelt ist, wird die IS-Architektur eines Betriebs abgeleitet. Die IS-Architektur ist der Bebauungsplan für einen Betrieb mit Informationssystemen. Durch die strategische Planung und die IS-Architektur wird beschrieben, wie die IS-Landschaft des Betriebs in den nächsten fünf bis zehn Jahren aussehen soll. Darauf aufbauend können Projekte beschrieben werden, die schrittweise zu diesem zukünftigen Sollzustand hinführen. In der IS-Projektplanung werden laufende und offene IS-Projekte in einem IS-Projektportfolio verwaltet. Auch die Reihenfolge der Projekte wird hier bestimmt.

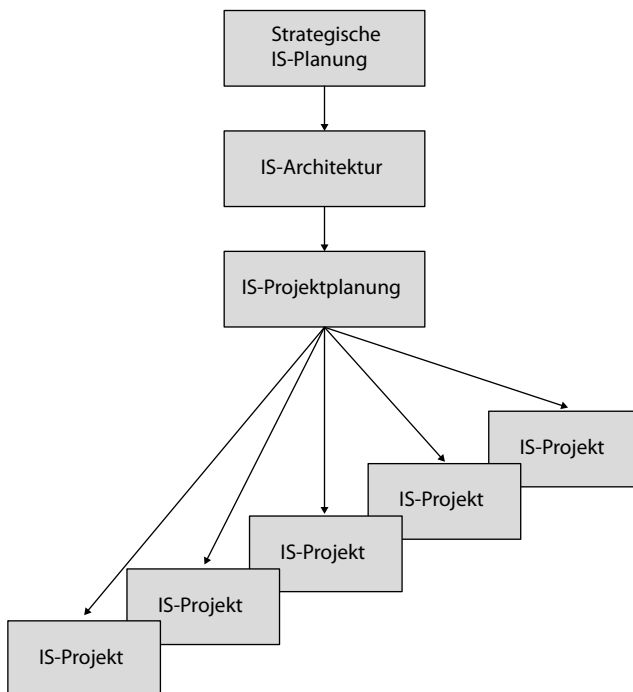


Abb. 8.1: Von der IS-Planung zum IS-Projekt

Auf Basis der IS-Projektplanung können Projekte koordiniert ins Leben gerufen werden. Der einzelne Projektauftrag wird bei diesem Vorgehen aus einem betriebsweiten, langfristigen Konzept abgeleitet. So kann einem potenziellen „Wildwuchs“ an Informationssystemen wirksam begegnet werden. Ein komplexes Projektportfolio ist ähnlich einem Puzzle, bei dem die einzelnen Teilprojekte sorgfältig aufeinander abgestimmt werden und richtig zusammengestellt ein einheitliches Ganzes ergeben.

Wir haben die organisatorische Verankerung der IT bereits in Kapitel 2 besprochen. Das IS-Management liegt bei vielen Betrieben in der Verantwortung des *IT-Leiters* (engl.: chief information officers, kurz CIO). Dieser wird meist von einem eigenen Stab unterstützt. Organisatorisch untergliedert sich der Bereich des Leiters Informationssysteme in die *IS-Planung*, *IS-Entwicklung* und den *IS-Betrieb*. Die Koordination mit den verschiedenen Bereichen des Betriebs wird oft über ein eigenes *IS-Nachfragemanagement* (engl.: demand management) organisiert. Hierbei treten beispielsweise der Finanzbereich oder der Produktionsbereich als Konsumenten der Informationssysteme auf und beschreiben abstrakte Anforderungen aus der Geschäftsperspektive. Diese müssen dann priorisiert und in der weiteren IS-Planung berücksichtigt werden.

8.2 IS-Planung



Unter **Planung** (engl.: planning) versteht man generell ein vorbereitendes Durchdenken. Die Planung umfasst die gedankliche Vorwegnahme von zukünftigen Aktivitäten, deren konzeptionelle Abfolge und die Bereitstellung von Ressourcen. Aktivitäten können so mit möglichst geringen Reibungsverlusten durchgeführt werden.

Je nach Planungsbereich und Planungshorizont unterscheidet man die strategische, die taktische und die operative Planung. Die *strategische Planung* bezieht sich auf den Gesamtbetrieb und einzelne Geschäftsfelder. Sie dient zur langfristigen Abstimmung der Potenziale des Betriebs auf die jeweilige Bedingungs-lage; der Planungshorizont beträgt mindestens drei Jahre. Verantwortlich ist das Topmanagement. Die strategische Planung ist meist mit erheblichen Investitionen verbunden, nur schwer rückgängig zu machen und daher riskant. Im Gegensatz dazu ist die *taktische Planung* mittelfristig angelegt (ein bis drei Jahre) und die *operative Planung* auf das laufende Geschäft mit kurzfristigem Charakter ausgelegt (Planungshorizont bis zu einem Jahr). Dies gilt auch für die Informationssystemplanung.

Die **Informationssystemplanung** (IS-Planung, engl.: information systems planning) umfasst sämtliche Planungsaktivitäten zur Entwicklung und zum Betrieb von Informationssystemen, die von der Entwicklung der IS-Strategie über das Erstellen der IS-Architektur bis zur IS-Projektplanung reichen.



8.2.1 Strategische, langfristige IS-Planung

Wird die Entwicklung und Einführung von Informationssystemen nicht unternehmensweit und langfristig gesteuert, ist bei zunehmender IT-Durchdringung mit einer Vielzahl von Insellösungen und in Folge davon mit ansteigender Unüberschaubarkeit der Informationssysteme zu rechnen. Je heterogener die Insellösungen sind, desto größer wird der Wartungs- und Weiterentwicklungsaufwand. Durch die *strategische IS-Planung* soll die unternehmensweite Transparenz und Effizienz des IS-Bereichs verbessert werden. Die strategische IS-Planung soll dabei helfen, Verbesserungspotenziale aktueller und absehbarer Entwicklungen im IS-Bereich in Wettbewerbsvorteile für einen Betrieb umzuwandeln.

Ein wichtiges Ziel der strategischen IS-Planung ist es, für einen Betrieb jene Techniken zu bestimmen, die langfristig zu seinem Erfolg auf dem Markt beitragen. Dabei handelt es sich häufig um schwer reversible IS-Entscheidungen, zum Beispiel hinsichtlich Hardware, Standardsoftware oder Rechnernetzen, die nur vor dem Hintergrund der zu erwartenden Betriebsentwicklung getroffen werden können.

Die **strategische Informationssystemplanung** (engl.: strategic information systems planning; Abkürzung: SISP) legt langfristig die Gesamtkonzeption und Realisierung des gesamtbetrieblichen Informationssystems fest. Sie ist typischerweise für einen Planungshorizont von fünf bis zehn Jahren ausgelegt und beschreibt die Aufteilung des Gesamtsystems in selbstständige, überschaubare Teilsysteme. Durch die Vorgabe von allgemein gültigen Systemrichtlinien, Entwicklungsprioritäten und eines stufenweisen Einführungs- beziehungsweise Umstellungskonzepts wird eine möglichst reibungslose Integration der Teilsysteme in das Gesamtsystem angestrebt.



Die strategische IS-Planung stellt die Weichen für die Entwicklung des IS-Bereichs. Es werden Schlüsselentscheidungen in Bezug auf Ziele, Bewertungsmaßstäbe, Ressourcen und Budget für die IT-Abteilung getroffen. Steigende Ausgaben für Informationssysteme sind durch die strategische IS-Planung leichter in den Griff zu bekommen.

B

Betrachten wir die derzeitige Situation in unserem *Beispiel-Lebensmittelfilialbetrieb*. Wie bereits eingangs erwähnt, fordern die Mitarbeiter der Logistik immer stärker ein Tourenplanungssystem. Die Mitarbeiter des Rechnungswesens können auch nicht mehr vertröstet werden. Ferner hat man für Internet-Aktivitäten des Unternehmens erhebliche finanzielle Mittel eingesetzt. Auch wenn die Investitionen in die Informationssysteme nicht so hoch waren, so waren doch einige umfangreiche organisatorische Maßnahmen notwendig, um zum Beispiel einen Zustelldienst aufzubauen.

Dazu kommt noch, dass die Mitarbeiter der zentralen IT-Abteilung für neue Projekte kaum Zeit haben. Ständig müssen sie Fehler der teils selbst weiterentwickelten Software korrigieren beziehungsweise neu entstandene Fehler ausbessern. Damals, als man die Software eingeführt hat, war man nicht bereit, organisatorische Änderungen in Kauf zu nehmen. So wurde die Standardsoftware unbekümmert verändert und ergänzt. Mittlerweile ist ein Release-Wechsel, also der Wechsel von einer älteren zu einer neueren Version der Software, nicht mehr mit vertretbarem Aufwand möglich.

In Summe ist niemand, weder Management noch Endbenutzer oder IT-Mitarbeiter, mit der Situation zufrieden. Durch die hohe Fluktuation in der IT-Abteilung wird das nur unterstrichen. Neue Mitarbeiter brauchen sehr lange, bis sie das Wirrwarr an Programmen halbwegs durchschauen. Ganz wird es ihnen nie gelingen, denn Dokumentation war bisher ein Fremdwort. Es besteht dringender Handlungsbedarf. Man will diesmal die Lage in den Griff bekommen, indem man das Problem auf strategischer Ebene angeht.

Diese beispielhaften Probleme unterstreichen die Wichtigkeit einer systematischen Planung. Die strategische IS-Planung versucht, ihnen entgegenzutreten, insbesondere mithilfe von IT-Controlling und IT-Governance.

8.2.2 IT-Controlling und IT-Governance

!

Controlling (engl.: controlling) unterstützt die Geschäftsführung eines Betriebs bei der Planung und Kontrolle. Wie ein „Lotse“ weist der Controller den Weg, um die gesetzten Ziele (Budgetwerte, Leistungsziele) durch eine bestmögliche Koordination und Steuerung der Geschäftsprozesse zu erreichen. Der Controller unterstützt die Führungskräfte durch die Erstellung von Entscheidungsgrundlagen, koordiniert den Budgetierungsprozess, überwacht die Einhaltung des Wirtschaftlichkeitsprinzips, liefert periodische Berichte über die Zielerreichung beziehungsweise die Höhe und Ursache von Zielabweichungen, bietet betriebswirtschaftliche Beratung und gestaltet die Organisationsentwicklung mit (zum Beispiel als Innovationsförderer). Als Basis dient ein entsprechendes Planungs- und Kontrollsystem.

Im Bereich des IT-Controllings stand lange die Erfassung der Kosten der IT im Vordergrund. Diese Sichtweise wurde in den letzten Jahren zunehmend erweitert, sodass heute im IT-Controlling meist der Aufbau und die Realisierung von Erfolgspotenzialen durch die IT als zentrales Ziel gesehen werden. Im Mittel-

punkt der Diskussion steht die Frage, wie der Beitrag der IT zur Wertschöpfung eines Betriebs festgestellt und gesteuert werden kann.

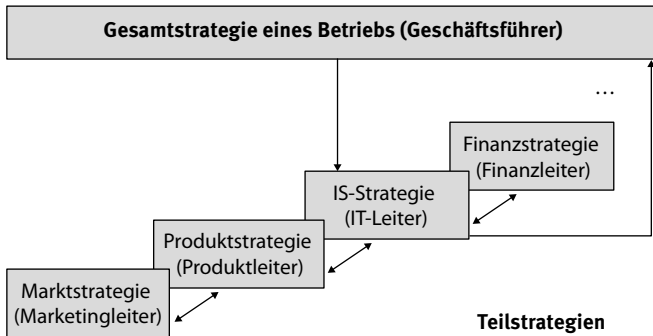


Abb. 8.2: IS-Strategie und Gesamtstrategie eines Betriebs sowie entsprechende Verantwortlichkeit

Prinzipiell kann bei der *Erstellung eines strategischen IS-Plans* wie bei der allgemeinen strategischen Planung vorgegangen werden. In den meisten Betrieben ist der IT-Leiter (engl.: chief information officer, kurz CIO) dafür verantwortlich und muss sich mit dem Geschäftsführer (engl.: chief executive officer, kurz CEO) und unter anderem den Bereichsleitern (Finanzleiter, engl.: chief financial officer, kurz CFO, Produktleiter, engl.: chief product officer, kurz CPO, Marketingleiter, engl.: chief marketing officer, kurz CMO) abstimmen. Dem CFO kommt eine doppelte Rolle zu. Zum einen ist er Kunde des IT-Leiters, zum anderen hat er ein wichtiges Mitspracherecht bei der Genehmigung des IT-Budgets. Der IS-Bereich muss ebenso wie andere betriebliche Funktionsbereiche dazu beitragen, die Erfolgspotenziale eines Betriebs zu sichern beziehungsweise auszubauen und die Betriebsziele zu erreichen. Demnach ist die strategische IS-Planung als ein wichtiger Bestandteil der strategischen Gesamtplanung zu verstehen (siehe Abb. 8.2).

Unter **IT-Governance** (engl.: IT governance) versteht man die Maßnahmen, Prozesse und Strukturen, die IT-Leistungen eines Betriebs transparenter und leichter steuerbar machen. Es soll durch die IT-Governance unter anderem sichergestellt werden, dass die IS-Strategie mit der restlichen Unternehmensstrategie übereinstimmt (engl.: IT alignment) und dass regulatorische Vorgaben eingehalten werden (engl.: compliance). Die IT-Governance umfasst alle strategisch relevanten Entscheidungen bezüglich der IT-Infrastruktur, der IT-Leistungen und IT-Risiken.



Durch die *IT-Governance* soll auch sichergestellt werden, dass alle betroffenen Personen und Institutionen, die für den Betrieb bedeutsam sind (engl.: stake-

holder), in die strategischen Entscheidungsprozesse der IT einbezogen werden. Es soll verhindert werden, dass entsprechende Entscheidungen ohne Berücksichtigung der Auswirkungen für die Handlungsfähigkeit des gesamten Betriebs getroffen werden. Die Geschäftsführung soll durch die IT-Governance darüber informiert werden, welche IT-Ressourcen und -Dienstleistungen existieren, in welchem Zustand diese sind und welche Risiken und Potenziale in diesen liegen.

Für die IT-Governance wurden in den letzten Jahren zahlreiche *Standards* entwickelt, die als Rahmenwerk dienen können und Empfehlungen abgeben. Diese Empfehlungen müssen je nach Betriebskontext angepasst werden. Einige dieser Standards sind für betriebsweite Maßnahmen entwickelt worden, andere konzentrieren sich auf den IT-Bereich. Nachstehend sind die wichtigsten Standards aufgeführt, beginnend mit den allgemeinen Rahmenmodellen:

- Das *COSO-Rahmenmodell* wurde von der COSO (Abkürzung von engl.: Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission), einem US-amerikanischen Verein zur Verbesserung der Finanzberichterstattung, entwickelt. Durch das COSO-Rahmenmodell soll eine *betriebsweite Governance* unterstützt werden und es soll betrügerisches oder unethisches Verhalten leichter aufgedeckt werden können. Das Rahmenmodell enthält einen Leitfaden, der das Kontrollumfeld definiert, der Risikobeurteilung dient und zahlreiche Kontrollaktivitäten vorschlägt.
- *CoBIT* (Abkürzung von engl.: Control Objectives for Information and Related Technology) ist ein Rahmenmodell speziell für die IT-Governance. Durch CoBIT werden zu realisierende Steuerungsvorgaben (engl.: control objective) definiert. Ursprünglich wurde CoBIT für IT-Prüfer geschaffen, hat sich allerdings in den letzten Jahren zu einem Instrument für die betriebsweite Steuerung der IS-Leistungen entwickelt.
- *ITIL* (Abkürzung von engl.: IT Infrastructure Library) ist eine Sammlung von Richtlinien für das *IT-Servicemanagement*. Das IT-Servicemanagement verfolgt das Ziel, Geschäftsprozesse möglichst gut durch IT-Dienstleistungen (IT-Services) zu unterstützen. ITIL ist mit dieser Fokussierung wesentlich spezialisierter als CoBIT ausgerichtet und enthält Empfehlungen über die IT-Servicestrategie, den IT-Serviceentwurf, das Änderungsmanagement von IT-Services, den Betrieb von IT-Services und die laufende Verbesserung von IT-Services.
- *CMMI* (Abkürzung von engl.: Capability Maturity Model Integration) dient zur IT-Governance von IS-Entwicklungsprojekten. CMMI enthält Referenzmodelle, die erfolgreiche Erfahrungen und Prinzipien zusammenfassen. Es schlägt bewusst keine konkreten Handlungsanweisungen vor, sondern be-

schränkt sich auf die Definition der Zielgrößen für das Projektmanagement, die IS-Entwicklung, die IS-Wartung und das Prozessmanagement. Für diese Bereiche werden fünf *Reifegrade* (engl.: maturity level) definiert, die den Grad der Institutionalisierung der Prozesse beschreiben. Die Reifegrade sind: *ad-hoc* (engl.: ad hoc), *wiederholbar* (engl.: repeatable), *definiert* (engl.: defined), *verwaltet* (engl.: managed) und *optimiert* (engl.: optimized).

- **TOGAF** (Abkürzung von engl.: The Open Group Architecture Framework) definiert einen Ansatz zum Entwurf, zur Planung, Implementierung und zum Betrieb einer ganzheitlichen Unternehmensarchitektur. Wesentlicher Punkt von TOGAF ist die integrierte Betrachtung von Geschäftsprozessarchitektur, Informationssystemarchitektur und technischer Infrastruktur. Dadurch soll insbesondere eine gemeinsame Ausrichtung von Geschäft und Informationssystemen (engl.: business-IT-alignment) sichergestellt werden.

Diese standardisierten Rahmenmodelle unterstützen den IT-Leiter dabei, Rollen und Aufgaben in seinem Wirkungsbereich zu strukturieren. Abb. 8.3 zeigt eine typische Untergliederung der IT-Abteilung. Der Leiter der Abteilung „IS-Strategie, Architektur und Standards“ ist für die langfristige Entwicklung der Informationssysteme verantwortlich. Der Leiter für das IS-Nachfragemanagement stellt die Brücke zu den verschiedenen Anwendungsbereichen dar. Je nach Größe der IT-Abteilung sind eigene Leiter für die Bereiche *IS-Entwicklung* (wird in Abschnitt 8.3 besprochen), *IS-Betrieb* und *Partnermanagement* (wird in Abschnitt 8.4 besprochen) sowie *IT-Sicherheit* (siehe Kapitel 9) bestellt.

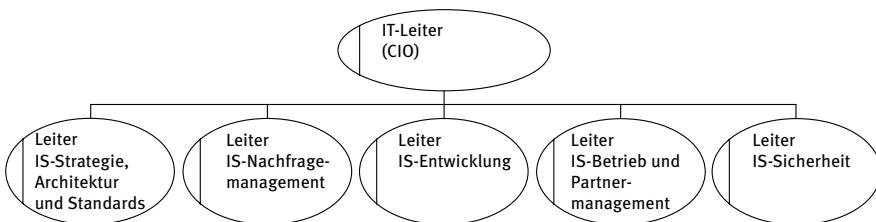


Abb. 8.3: Beispiel für die Gliederung der IT-Abteilung

8.2.3 Vorgehen bei der strategischen IS-Planung

Verschiedene Ansätze für die Durchführung der strategischen IS-Planung lassen sich grob in die folgenden fünf Schritte gliedern (siehe Abb. 8.4).

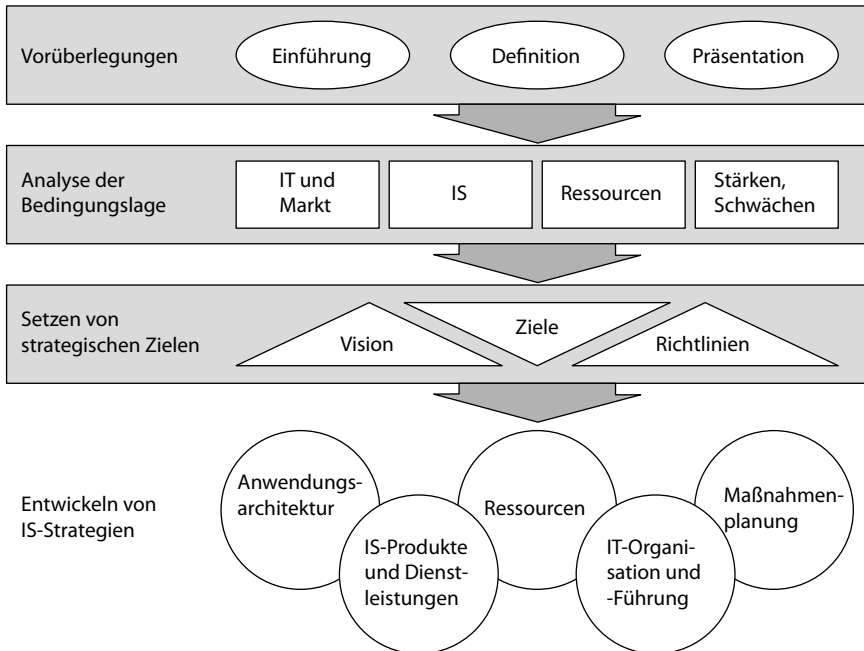


Abb. 8.4: Schritte und Ergebnisse der strategischen IS-Planung

1. Vorüberlegungen

Es wird überlegt, *für welche Teile* des Betriebs eine strategische IS-Planung *durch wen* durchgeführt werden soll und was sich der Betrieb davon verspricht. Wenn die Führungskräfte des Betriebs bereit sind, die strategische IS-Planung zu unterstützen, ist das wichtigste Ziel dieser ersten Planungsphase erreicht. Insbesondere gilt es, die *Zielsetzung für die strategische IS-Planung* vor dem Hintergrund der Betriebssituation klarzustellen. Diese Ziele stellen für die Folgephasen Richtlinien in Bezug auf Umfang und Detaillierung der Planung dar. Zudem ist eine *Abgrenzung des Planungsbereichs* vorzunehmen, etwa wenn es zu Einschränkungen des Planungsbereichs für einzelne Sparten kommt. Zuletzt ist die *strategische Bedeutung der Informationsverarbeitung* zu bestimmen. Es gilt hierbei festzustellen, wie stark die Erfüllung betrieblicher Aufgaben derzeit und in der geplanten Zukunft von Informationssystemen abhängt.

2. Analyse der Bedingungs-lage

Durch die *Analyse der Bedingungs-lage* wird der Handlungsspielraum, der bei der Erstellung einer IS-Strategie besteht, bestimmt. Dafür werden das ökonomi-

sche, technologische, soziologische, ökologische und organisatorische Umfeld, die interne Bedingungs- und Lage des Betriebs sowie die Stärken und Schwächen des IT-Bereichs festgestellt. Die *Analyse der Umwelt* betrachtet insbesondere die Rechts- und Wirtschaftsordnung, erwerbswirtschaftliche Interessen der Eigentümer, die Konjunktur und den IT-Markt. Die *Analyse der internen Situation* stellt den Istzustand fest, um die Stärken und Schwächen in Bezug auf die Informationsverarbeitung ermitteln zu können. Es werden alle vorhandenen Informationssysteme, IS-Ressourcen, die IT-Organisation sowie die Führung des IT-Bereichs untersucht. Die Ergebnisse dienen als Anhaltspunkt für die langfristige Strategieentwicklung.

3. Setzen strategischer Ziele

Bevor man Ziele bestimmt, sollte man in einer sogenannten *IS-Vision* beschreiben, „wo die Reise hingehen soll“. Die Vision kennzeichnet jenen Zustand, der durch eine Reihe von Veränderungsschritten zu erreichen ist. Sie dient als grundlegender Orientierungspunkt für alle durchzuführenden Handlungen. Die in der Analysephase gewonnenen Erkenntnisse, die strategischen Zielsetzungen des Gesamtunternehmens und die *IS-Vision* stellen die Grundlage für die Formulierung strategischer IS-Ziele dar. Die Ziele müssen operational, das heißt im Ergebnis überprüfbar, und allgemein akzeptiert sein.

4. Entwicklung von IS-Strategien

IS-Strategien zeigen den Weg zur Zielerreichung auf und leiten so zur IS-Maßnahmenplanung über. Ausgangspunkt für das Entwickeln der IS-Strategien sind die strategischen IS-Ziele der vorhergehenden Phase. Folgende Strategiearten sind zu unterscheiden:

- *Strategien in Bezug auf Produkte und Dienstleistungen:* Es werden Art, Umfang und Qualität der durch die IT-Abteilung angebotenen Produkte und Dienstleistungen festgelegt. Dazu gehört es auch, Richtlinien für Preise, Konditionen und Standards zu vereinbaren.
- *Strategien in Bezug auf die IS-Architektur:* Unter der IS-Architektur werden die beiden Aspekte Daten und Anwendungen zu einem konsistenten Ganzen zusammengefasst. Es wird eine organisationsweite Datenbasis entwickelt und das Anwendungsportfolio bestimmt.
- *Strategien in Bezug auf IS-Ressourcen:* Die Strategien bezüglich der IS-Ressourcen enthalten grundlegende Aussagen über IT-Mitarbeiter (zum Beispiel Anzahl, Qualifikation, Gehalt, Know-how usw.), Informationstechnik (zum Beispiel Eigenentwicklung versus Fremdbezug, Linux- versus Win-

- dows usw.) und IS-Budget (detaillierte Kostenübersicht für die Bereiche Anwendungsentwicklung und -wartung, IS-Betrieb und IS-Personal).
- *Strategien in Bezug auf IT-Organisation und -Führung:* Hierbei sollen nicht nur die Aufbau- und Ablauforganisation der IT-Abteilung bestimmt, sondern auch die Zusammenarbeit mit den Fachabteilungen geregelt werden. Die Art der IT-Führung, vor allem deren planungsbezogene Teilaufgaben, ist Bestandteil des Führungskonzepts. Schließlich wird durch ein Konzept für die IS-Kontrolle festgeschrieben, wie in Zukunft die Effizienz und Effektivität der betrieblichen Informationsverarbeitung gemessen werden soll. Die Beschreibung der IT-Revision und der Kostenverrechnung gehört ebenfalls zur IT-Organisation und -Führung.

5. Maßnahmenplanung

Die *Maßnahmenplanung* hat bereits operativen Charakter und ist damit streng genommen nicht mehr Teil der strategischen IS-Planung. Im Rahmen der langfristigen Maßnahmenplanung werden in Bezug auf die entwickelten Strategien relativ konkrete Aktionen beschrieben, deren einzelne Schritte terminlich fixiert sind. Kurzfristige IS-Pläne enthalten dagegen die zahlenmäßig exakt spezifizierten Maßnahmen für das nächste Planjahr. Die Maßnahmenplanung ist Voraussetzung für die Definition der einzelnen IS-Entwicklungsprojekte, die im Projektportfolio verwaltet werden.

Die strategische IS-Planung ist *keine einmalige Angelegenheit*. Aufgrund der permanenten Umweltänderungen muss auch die Planung regelmäßig überarbeitet werden. Es ist zu empfehlen, einen fixen *Planungszyklus* zu institutionalisieren. Damit die Planung aber betriebsweit akzeptiert und umgesetzt wird, müssen Fachabteilungen, IS-Ausschüsse und -Komitees sowie das Topmanagement in die Planung einbezogen werden. Die entwickelten IS-Pläne sollten im Einjahresrhythmus vom Leiter der IT-Abteilung fortgeschrieben werden.

Weitere wichtige strategische Entscheidungen des IS-Managements betreffen die *Wahl der IT-Dienstleister*. Soll ein Unternehmen IT-Dienstleistungen selber erbringen (in Eigenleistung) oder von Dritten beziehen (als Fremdleistung)? Die in Frage kommenden Dienstleistungen reichen von der Entwicklung, dem Betrieb und der Wartung von IT-Systemen über das Installationsmanagement für PCs, das Infrastrukturmanagement, bis beispielsweise zu Help-Desks und Call-Center-Diensten. Sie haben diese Thematik bereits im Abschnitt 2.1.3 im Zusammenhang mit *Outsourcing* kennen gelernt.

8.2.4 Strategische Softwareplanung

Das zentrale Element aller Informationssysteme ist die Software, die für die automatisierte Abwicklung der IT-gestützten Funktionen und Prozesse verantwortlich ist. Der für die *Softwareplanung* relevante Themenkomplex ist breit und umfangreich. Software kann generell sehr unterschiedliche Aufgaben erfüllen, die genau analysiert werden müssen. Softwarekomponenten können gekauft, wieder verwendet, angepasst oder neu entwickelt werden. Je nach Situation sind andere Vorgehensweisen sinnvoll. Softwarekomponenten können so entworfen sein, dass Änderungen mit geringem oder nur mit großem Aufwand realisiert werden können. Aus strategischer Sicht stellen sich hier vor allem drei Fragen:

- ob Standard- oder Individualsoftware genutzt werden soll,
- ob kommerzielle oder Open-Source-Software bevorzugt wird und
- welche Dienstgüte zugesichert werden kann.

Standardsoftware (engl.: packaged software) ist ein Sammelbegriff für fertige, auf dem Markt verfügbare Programme, die auf Allgemeingültigkeit und mehrfache Nutzung hin ausgelegt sind. Standardprogramme werden für häufig wiederkehrende, bei einer Vielzahl von IT-Anwendern in gleichartiger beziehungsweise ähnlicher Form gegebene Aufgabenstellungen genutzt.



Als Standardsoftware werden Programme bezeichnet, die ohne oder mit geringen Modifikationen an unterschiedliche Kunden verkauft werden. Standardsoftware gibt es unter anderem für Betriebssysteme, Büroanwendungen und ERP-Systeme. Während die Standardsoftware für einen möglichst breiten Nutzerkreis ausgelegt ist, ist dies bei Individualsoftware nicht der Fall.

Individualsoftware (Individualprogramme, engl.: custom software) bezeichnet jene Programme, die für einen Anwendungsfall eigens erstellt wurden und deren Eigenschaften im Allgemeinen an genau ein konkretes Aufgabenprofil angepasst sind.



Gegenüber der individuellen Programmierung hat der Bezug qualitativ hochwertiger *Standardprogramme* folgende *Vorteile*:

- Kostengünstigkeit (die Entwicklungskosten werden von mehreren Käufern des Produkts getragen),
- Zeitersparnis (die Zeit für die Anpassung eines ausgereiften Standardprogramms ist im Allgemeinen wesentlich geringer als die Zeit für eine Neuentwicklung),
- Kompensierung vorhandener Personalengpässe und eines Mangels an Know-how,

- Zukunftssicherheit (seriöse Anbieter von Standardsoftware entwickeln ihre Produkte ständig weiter).

Demgegenüber ist eine *Individualsoftware* ein Programmsystem, das speziell für einen bestimmten Betrieb entwickelt wurde. Diese Entwicklung kann entweder im Betrieb des Anwenders (intern) erfolgen oder bei spezialisierten Dienstleistern (beispielsweise Softwarehäusern oder Unternehmensberatern) in Auftrag gegeben werden (extern). Neben der expliziten Ausrichtung auf die spezifischen Bedürfnisse eines Betriebs unterscheidet sich Individualsoftware zudem dadurch von Standardsoftware, dass der Betrieb mit dem Erwerb der Software meist auch die alleinigen Rechte am zugehörigen Quellprogramm sowie jeder der Dokumentation erwirbt.



Unter **kommerzieller Software** (engl.: commercial software) versteht man Softwareprogramme, die von Unternehmen mit dem Ziel entwickelt wurden, mit dem Verkauf oder der Nutzung der Programme Geld zu verdienen.

Die Unternehmen, die kommerzielle Software entwickeln, sind häufig IT-Komplettanbieter (wie Hewlett-Packard, IBM oder Oracle) oder Firmen, die auf die Entwicklung von Software spezialisiert sind (beispielsweise Microsoft, SAP und eine Vielzahl kleinerer Firmen). Kommerzielle Software kann entweder Standard- oder Individualsoftware sein (beispielsweise eine Entwicklung eines IT-Beratungsunternehmens gemäß den Anforderungen eines Unternehmens).



Mit dem Begriff **COTS-Komponenten** oder schlicht **COTS** (Abkürzung von engl.: commercial off the shelf) werden kommerziell erwerbbar und ohne Anpassungen sofort einsetzbare Softwarekomponenten bezeichnet.

Generell wird mit COTS jede Art kommerziell erwerbbarer Standardsoftware bezeichnet. Häufig ist das Adjektiv „commercial“ in diesem Akronym nur von zweitrangiger Bedeutung. Man versteht unter COTS dann jede Art von Standardsoftwarekomponenten, die über einen längeren Zeitraum von Dritten gepflegt werden und ohne Änderungen eingesetzt werden können. Dies können sowohl kleine, einfache Komponenten sein als auch große, umfangreiche Komponenten wie Datenbankverwaltungssysteme oder ERP-Komponenten.

Trotz der Vorteile der komponentenorientierten Softwareentwicklung beginnt sich diese Vorgehensweise erst in jüngerer Zeit auf breiter Front durchzusetzen. Hierzu hat die *Open-Source-Bewegung* mit vielen erfolgreichen Projekten einen entscheidenden Beitrag geleistet. Aufgrund der oft eingeschränkten finanziellen Mittel, die Open-Source-Entwicklern zur Verfügung standen, waren

sie gezwungen, ihre Arbeit in kleinere Einheiten aufzuspalten und auf bereits bestehende Komponenten zurückzugreifen. In diesem Sinne wurde sozusagen „aus der Not eine Tugend“.

Unter **Open-Source-Software** (engl.: open source software) versteht man Softwareprogramme, deren Quelltext für jedermann einsehbar und frei verfügbar ist. Für Open-Source-Software gibt es eine Reihe verschiedener Lizenzen, die dem Benutzer jeweils unterschiedliche Freiheitsgrade im Umgang mit der Software und bezüglich ihrer Weiterverbreitung gewähren.



Als *Vorteile von Open-Source-Software* werden folgende Punkte hervorgehoben:

- Der Benutzer hat Zugriff auf den Quellcode des Programms und kann es daher prinzipiell beliebig *an seine Bedürfnisse anpassen*. Zudem können eventuell sicherheitskritische Funktionen prinzipiell von jedem persönlich begutachtet und bei Bedarf deaktiviert werden.
- Durch die freie Verfügbarkeit des Quellcodes werden Fehler schneller aufgedeckt und behoben.
- Die Software wird nicht von einem einzelnen Unternehmen oder einer sonstigen Organisation vermarktet, die die Verwendungsmöglichkeiten der Software beschränkt. Stattdessen wird die Komponente gemeinschaftlich durch eine Anwendergemeinde im Internet gepflegt.
- Die zukünftige Pflege und Weiterentwicklung der Software hängt nicht von einem einzelnen Unternehmen ab und kann prinzipiell von jedem interessierten Entwickler übernommen werden.

Beispiele für bekannte und erfolgreiche Open-Source-Softwareprojekte sind das Betriebssystem *Linux*, die relationalen Datenbankverwaltungssysteme *MySQL* und *PostgreSQL*, das E-Mail-Transportsystem *sendmail*, der Webserver *Apache*, der Webbrowser *Firefox*, der E-Mail-Client *Thunderbird*, das Büropaket *OpenOffice*, die Implementierungen zahlreicher Programmiersprachen wie *Perl*, *Ruby*, *Tcl*, *Python*, *GNU C* usw.



Die wichtigsten Open-Source-Lizenzen sind die *GNU General Public Licence* (abgekürzt: GPL) und die *Berkeley Software Distribution Licence* (abgekürzt: BSD). Bei der *GPL* wird unter anderem verlangt, dass weiterentwickelte Software auch wiederum unter diese Lizenz gestellt werden muss. Diese Bedingung ist für die Entwickler kommerzieller Software oft ein erhebliches Problem, wodurch diese die Nutzung GPL-lizensierter Software für ihre Produkte meiden. Die *BSD-Lizenz* ist wesentlich liberaler und verlangt nur, dass bei der Weitergabe der Copyright-Text des ursprünglichen Softwareautors mitgegeben wird.

Die *Vor- und Nachteile von Open-Source-Software* im Vergleich zu proprietärer Software hängen vom Einsatzbereich ab. Der Reifegrad und die Stabilität von Open-Source-Software sind gerade im Bereich der Systemsoftware oft höher

als bei kommerziellen Systemen. Bei Bürosoftware oder branchenbezogenen Anwendungen ist die Situation oft umgekehrt. Für viele Anwendungsbereiche existiert keine Open-Source-Software, sodass sich diese Alternative nicht stellt.

B

Beispiele für Open-Source-ERP-Pakete sind OpenZ, iDempiere, Dolibarr, ERPNext, Apache OFBiz, Odoo, Metafresh und WebERP. Freie CRM-Systeme sind SuiteCRM, HiperGate CRM, vtigerCRM, XRM CRM, Zoho und Zurmo. Sugar CRM war bis Version 6 das führende Open-Source-CRM-Paket, seit Version 7 (2013) ist die Software kommerziell. Sehr viel häufiger sind jedoch Fälle, bei denen COTS-Hersteller den Quellcode ihrer Produkte frei verfügbar machen, um deren Verbreitung zu fördern. *[project-open]* ist ein Beispiel für ein leistungsfähiges Open-Source-Paket, das Projektmanagement, Portfoliomanagement und ERP integriert. Die Abb. 8.5 zeigt die Komponenten für das Projektmanagement.

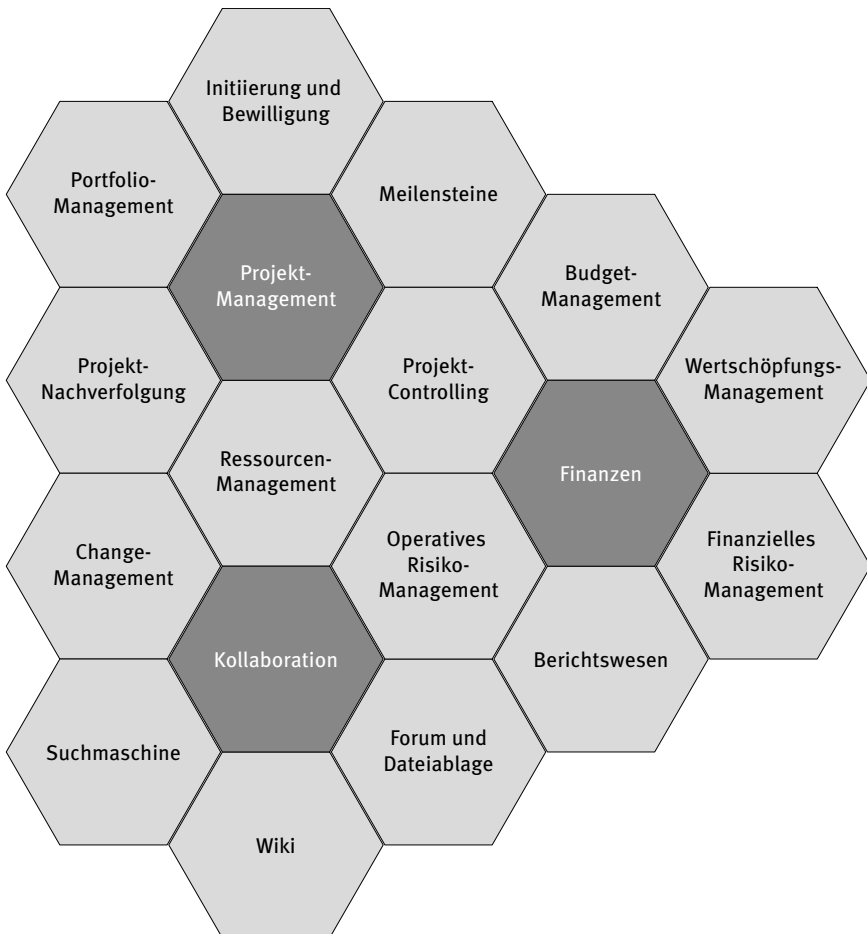


Abb. 8.5: Komponenten des Open-Source-Anwendungspakets *[project-open]*

Der Einsatz von Open-Source-Software verlangt häufig ein höheres technisches Wissen bei der Anpassung des Systems. Daher ist der Begriff „Open-Source-Software“ nicht mit dem Begriff „Gratissoftware“ gleichzusetzen. Viele Entwicklungen von Open-Source-Software erfolgen durch Unternehmen, die sich auf Open-Source-Entwicklungen spezialisiert haben, und die gegen Bezahlung Open-Source-Software für Kunden anpassen, weiterentwickeln oder warten. Bei vielen Open-Source-Produkten ist ein Teil der Software gratis beziehbar, ein Teil der Komponenten wird gegen Geld zur Verfügung gestellt.

Die Motive für Unternehmen, Open-Source-Projekte zu fördern oder sich an deren Entwicklung zu beteiligen, sind vielfältig. Mögliche Gründe sind die Verteilung der Entwicklungskosten, die Verteilung des Risikos oder die Erwartung, im Anschluss nicht mehr durch die Software, sondern durch zugehörige Dienstleistungen Gewinn zu erzielen, wie zum Beispiel durch Schulungen oder den Verkauf von entsprechender Fachliteratur. Interessant ist der Aspekt, dass auch Anwender Interesse daran haben, dass möglichst viele andere Anwender das gleiche Open-Source-Produkt verwenden – denn dadurch steigt die Wahrscheinlichkeit, dass auch einige dieser Anwender in das Projekt investieren und den Funktionsumfang und die Qualität der Software verbessern.

Ein *Beispiel* für ein Open-Source-Projekt mit hohen kommerziellen Entwicklungsanteilen ist das *Community-Framework OpenACS*. Der Quellcode dieses Website-Baukastens umfasst mehr als zwei Millionen Zeilen. Der Aufwand für die Codeentwicklung wird auf etwa 600 Personenjahre geschätzt. Dieser Aufwand entspricht bei durchschnittlicher Bezahlung für die Entwickler einem Betrag von über 30 Millionen US-Dollar. Pro Quartal werden etwa 1.700 Änderungen von in der Summe über hundert Entwicklern an der Codebasis vorgenommen. Insgesamt stammen etwa 70 Prozent der Änderungen aus Entwicklungsprojekten, die von Anwendern (Unternehmen) mit der Absicht, Open-Source-Software zu entwickeln, finanziert wurden. OpenACS gehört mit diesem Ressourceneinsatz zu den mitelgroßen Open-Source-Projekten. B

Ob *Open-Source-Software* oder *rein kommerzielle Software* eingesetzt werden soll, ist heute keine Entweder-oder-Frage, da in den meisten größeren Anwendungen ohnehin beides eingesetzt wird. Laut einer Studie von Gartner enthalten inzwischen rund 80 Prozent der kommerziellen Softwareprodukte Open-Source-Komponenten.

In den letzten Jahren hat sich ein neuer Bereich etabliert, der sich mit den Fragen der Gestaltung, Vermarktung und Umsetzung von Dienstleistungen beschäftigt. Infolge der zunehmenden Möglichkeiten zur Automatisierung von Dienstleistungen durch Rechnersysteme wurde der Begriff der *Service Science* geschaffen. Hierbei werden sowohl die betriebswirtschaftlichen Aspekte als auch die technische Umsetzung gemeinsam betrachtet, mit dem Ziel, *automati-*

sierbare Dienstleistungen zu entwickeln. Das Konzept der automatisierbaren Dienstleistungen ermöglicht unter anderem neue Distributionsmodelle für Software. So können auch Teillösungen eines Softwaresystems als Dienste betrachtet werden, wie das beim Softwaredistributionsmodell *Software-as-a-Service* der Fall ist.



Software-as-a-Service (Abkürzung: SaaS; unübliche deutsche Übersetzung: Software als Dienstleistung) ist ein Softwaredistributionsmodell, bei dem typischerweise kommerzielle Software nicht wie bei anderen Softwaredistributionsmodellen auf einem Rechner des Anwenders installiert, sondern beim Dienstanbieter betrieben wird und vom Dienstbezieher direkt über das Internet genutzt werden kann. Der Dienstbezieher erhält keine Software zur Installation, sondern Nutzungsrechte an einer Software, die beim Dienstanbieter installiert ist.



SaaS-Lösungen werden von verschiedenen großen Softwareherstellern wie Oracle, Microsoft und SAP angeboten. Marktführer ist Salesforce mit einer Software für Kundenbeziehungsmanagement.

SAP bietet seit 2007 eine mäßig erfolgreiche SaaS-ERP-Lösung für den Mittelstand namens *Business ByDesign*, die in 19 Länderversionen verfügbar ist (2018: 4.000 Kunden). Die 2015 angekündigte Business-Suite *SAP S/4HANA* für größere Betriebe kann vor Ort oder in einer von SAP beziehungsweise einem SAP-Partner verwalteten Cloud wie folgt betrieben werden:

1. Das lokale, auf betriebseigenen Ressourcen (engl.: on premise) betriebene System bietet den breitesten Funktionsumfang und den größten Grad an individueller Anpassbarkeit.
2. Das vom Anwender modifizierte und angepasste System kann auch in der Cloud betrieben werden, wobei SAP oder ein anderer Dienstleister wie Amazon Web Services oder Google als Cloud-Provider auftritt. Aktualisierungen der Software führt SAP in Absprache mit den Anwendern durch, die auch gewisse Anpassungen selbst vornehmen können (Private-Cloud-Variante, Platform as a Service, siehe Kapitel 12).
3. Bei der dritten Variante nutzt der Anwender eine hoch standardisierte Lösung in der Public Cloud in der Form von SaaS, wobei SAP als Cloud-Provider auftritt. In dieser Variante werden vom Anwender standardisierte Funktionen genutzt. Die Software wird automatisch vierteljährlich aktualisiert.

SAP forciert sehr deutlich die Public-Cloud-Lösung, bei der ein vom Anwender ausgewählter SAP-Partner die Dienstleistungen für die Bereitstellung, Anwendungen und Infrastruktur sowie die Wartung und Benutzerunterstützung übernimmt. SAP sagt, dass durch die Public-Cloud-Variante die Gesamtkosten um 30% im Vergleich zur lokalen Bereitstellung gesenkt würden. Im zweiten Quartal 2018 betrug der Umsatzanteil des Cloud-Geschäfts der SAP 20 Prozent (1,21 von 6 Milliarden Euro), das jährliche Wachstum liegt bei zirka 30 Prozent.

Für Software-as-a-Service existieren zahlreiche *Verrechnungsmodelle*, die sich beispielsweise nach der Nutzungsdauer (etwa pro Monat), der Anzahl der Benutzer oder der Anzahl der Transaktionen (bedarfsorientiert) unterscheiden. Darüber hinaus gibt es diverse Mischformen. Bei den meisten Formen entfallen

für den Anwender die Erstinvestitionskosten, wie Kauf der Software, möglicherweise Kauf von Hardware, Kosten der Installation der Software auf den internen Rechnern. Bei einer bedarfsorientierten Verrechnung von Software-as-a-Service spricht man auch von *Software-on-Demand*.

Werden über dieses Modell wichtige Dienstleistungen bezogen, die unmittelbar für die Geschäftsabwicklung relevant sind, ergibt sich eine Abhängigkeit des Dienstanwenders vom Dienstleister und von der Kommunikationsinfrastruktur. Aus diesem Grund wird es notwendig, zwischen Anbieter und Nutzer eine Dienstgütevereinbarung zu treffen.

Eine **Dienstgütevereinbarung** (engl.: service level agreement, Abkürzung: SLA) legt eine minimale Dienstgüte fest und definiert, welche Folgen eine Unterschreitung der Dienstgüte vom Anbieter hat. 

Eine Dienstgütevereinbarung setzt eine detaillierte Protokollierung und transparente Kontrollmöglichkeit durch den Auftraggeber voraus. Typischerweise offeriert ein Dienstleister zu unterschiedlichen Preisen unterschiedliche *Gütegrade* (engl.: service level). Für die Verrechnung werden Metriken herangezogen, wie beispielsweise Verfügbarkeit eines Services, maximale Wartezeiten, maximale Bearbeitungszeiten, maximale Rückweisungsraten usw. Diese Metriken hängen stark von dem jeweiligen Einsatzbereich ab. Beispielsweise unterscheidet sich die Dienstgütevereinbarung für ein Call-Center deutlich von einer Dienstgütevereinbarung für Personal- oder Kommunikationsdienstleistungen.

8.3 IS-Entwicklung

Die **IS-Entwicklung** (engl.: information systems development) hat die Aufgabe, die in der IS-Planung erstellten Projektaufträge umzusetzen, also Informationssysteme zu entwickeln, anzupassen und einzuführen. Es müssen dabei vorgegebene Termine und Kosten eingehalten, die Qualitätsstandards erfüllt und die IS-Architektur sukzessiv weiterentwickelt werden. 

Nach einer kurzen Einführung in die IS-Projektplanung beschäftigen wir uns in diesem Abschnitt mit der Umsetzung einzelner IS-Projekte. Diese Betrachtung betrifft sowohl die inhaltliche Ausgestaltung von IS-Projekten als auch den Ablauf von IS-Projekten.

8.3.1 IS-Projektplanung

! Ein **Projekt** (engl.: project) ist ein nicht routinemäßiges Vorhaben, das in seinen Zielen, seinem Mitteleinsatz und seiner Terminierung abgegrenzt ist. Ein Projekt wird häufig von mehreren Mitarbeitern realisiert, die in einer temporären Organisationseinheit, der sogenannten Projektgruppe, zusammenarbeiten. Ein *Projektleiter* koordiniert die Aktivitäten der Mitglieder einer *Projektgruppe* und ist für den Erfolg oder Misserfolg des Projekts verantwortlich.

Projekte können einerseits aus der strategischen IS-Planung abgeleitet werden, andererseits gibt es laufend Wartungsanforderungen und Änderungswünsche für bestehende Informationssysteme. So werden seitens der Fachabteilungen häufig Anforderungen an die Informationssysteme gestellt, die neue Projekte zur Folge haben können. Dem stehen die knappen Ressourcen (Mitarbeiter und Budgetmittel) der IT-Abteilung gegenüber. Welches Projekt soll man also zuerst in Angriff nehmen?

B Kehren wir zu unserem *Lebensmittelfilialbetrieb* zurück. Man hat einen Berater engagiert, der bei der strategischen Informationssystemplanung und der Entwicklung der IS-Architektur Unterstützung geleistet hat. Gemeinsam mit ihm wurde bereits eine Reihe von Projekten grob definiert, durch welche die strategischen Ziele auf Grundlage der IS-Architektur erreicht werden sollen. Die Projekte betreffen die Unterstützung der Logistik bei der Belieferung der Filialen, die Versorgung des Managements mit aktueller Information aus dem Unternehmen, die Internet-Aktivitäten insgesamt sowie die Verkaufsabrechnung in den Filialen.

Ein Hilfsmittel zur Festlegung der Reihenfolge von Projekten ist das sogenannte *IS-Projektportfolio*, das eine systematische Projektauswahl und die Verteilung der vorhandenen Ressourcen entsprechend den unternehmerischen Zielen erleichtern soll.

! Das **IS-Projektportfolio** (engl.: information systems project portfolio) ist die Gesamtheit der IS-Projekte eines Betriebs oder Fachbereichs. Der Fachbereich hat die Aufgabe, die Gesamtheit der IS-Projekte zu steuern, das heißt, die Ziele und Auswirkungen der Projekte zu bewerten, Prioritäten zu setzen und Ressourcen für ihre Durchführung bereitzustellen. Die Reihenfolge der Projekte wird anhand von unternehmerischen Kriterien, Projektabhängigkeiten und verfügbaren Ressourcen bestimmt.

Das *Vorgehensmodell des St. Galler Informationssystemmanagements* sieht ein entsprechendes IS-Projektportfoliomanagement vor. Die folgenden Konzepte sind die *Kernelemente* dieses Projektportfolios (siehe Abb. 8.6):

- *Projektübergreifende Bewertung der IS-Anträge*: Alle Projektideen werden von einer Stelle gesammelt und beurteilt. Es wird dabei nicht zwischen

Wartungs-, Infrastruktur- oder Neuentwicklungsprojekten unterschieden. Je nach erwartetem Aufwand bleibt der Antrag beim Projektportfoliomanagement oder geht an das Change-Management. Eine Entscheidungsgrenze könnte zum Beispiel ein geschätzter Aufwand in Personenmonaten sein. Für das Change-Management müssen Ressourcen reserviert werden, die ein unbürokratisches Erfüllen solcher Anträge ermöglichen.

- *Machbarkeitsstudie*: Alle im Projektportfolio verbleibenden Anträge werden einer kurzen Machbarkeitsstudie unterzogen. Ziel ist es, einen Projektantrag auf Durchführbarkeit, Wirtschaftlichkeit, Zeitrahmen und Risiko zu prüfen.
- *Verteilung der Ressourcen*: Jedes Projektvorhaben ist nun im Hinblick auf die Betriebsstrategie zu beurteilen. Dabei müssen auch betriebliche Abhängigkeiten berücksichtigt werden. Für die Analyse werden daher zwei Dimensionen vorgeschlagen:

Fachbereich und IS-Management erstellen vor dem Hintergrund der IS-Architektur eine Reihenfolge, die sich an sachlogischen Gesichtspunkten wie Belastung der Mitarbeiter, betriebswirtschaftliche Abhängigkeiten usw. orientiert (*betriebliche Reihenfolge*). Fachbereich und Geschäftsführung reihen gemeinsam die Projekte nach ihrem erwarteten Beitrag zum Betriebserfolg (*unternehmerische Reihenfolge*).

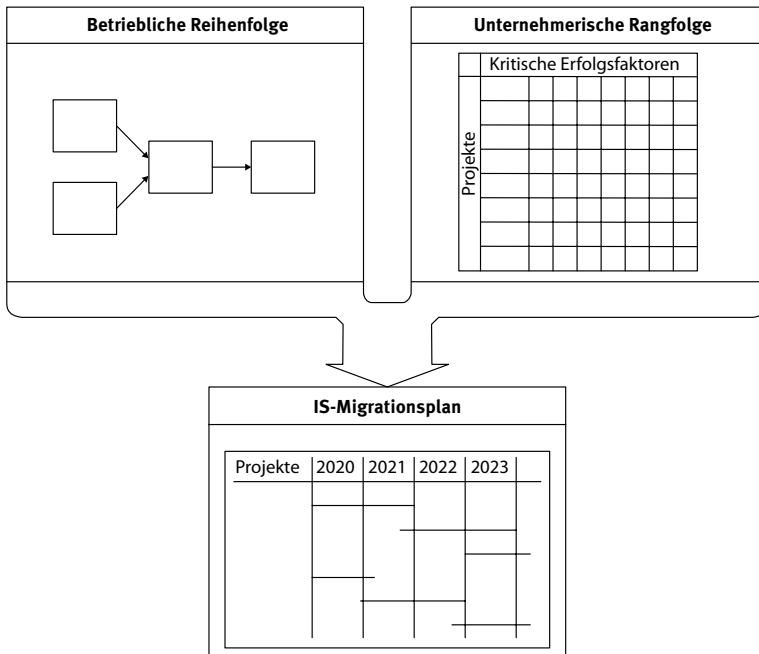


Abb. 8.6: IS-Projektportfolio (Quelle: Österle)

Man nimmt nun das nach der unternehmerischen Rangfolge wichtigste Projekt, berücksichtigt alle Projekte, die Voraussetzung für das gewählte Projekt sind, und trägt sie in einen *IS-Migrationsplan* ein. Im Anschluss kommt das zweitgereihete Projekt an die Reihe usw. Der Zyklus wird solange durchlaufen, bis alle Projekte in den IS-Migrationsplan eingetragen sind. Es handelt sich dabei noch um einen vorläufigen IS-Migrationsplan. Der endgültige IS-Migrationsplan kann erst fixiert werden, wenn die geplanten Projekte mit den verfügbaren finanziellen und personellen Ressourcen abgeglichen sind. Dieses Vorgehen stellt sicher, dass die vorhandenen Kapazitäten der IS-Entwicklung bestmöglich für die Sicherung der Erfolgspotenziale des Betriebs eingesetzt werden.

Durch das IS-Projektportfoliomanagement wird die *Verbindung zwischen der IS-Planung und der IS-Entwicklung* hergestellt. Alle Projektaufträge für die IS-Entwicklung werden aus dem Projektportfolio erteilt. Insgesamt sollen dadurch Effizienz und Effektivität der IS-Entwicklung gesteigert und die Forderungen der strategischen Informationssystemplanung erfüllt werden können. Alle Aufgaben des IS-Projektportfoliomanagements müssen laufend wahrgenommen werden. Der IS-Migrationsplan wird parallel zur strategischen IS-Planung jährlich überarbeitet.

8.3.2 Phasen und Aktivitäten in IS-Projekten

Der Aufwand für diese Projekte kann sehr unterschiedlich sein. Während bei einfachen Projekten die Erledigung der Teilprojekte in Tagen oder in Wochen gemessen wird, kann diese bei Mittel- oder Großprojekten Monate oder Jahre dauern. Je nach Projektumfang und Anzahl der daran beteiligten Personen sind unterschiedliche Planungsmethoden notwendig, für die auch unterschiedlich umfangreiche Phasenmodelle entwickelt wurden. Der Prozess der Systementwicklung und -wartung kann grob in sechs große Tätigkeitsbereiche unterteilt werden (siehe Abb. 8.7):

- *Geschäftsprozessmodellierung* (engl.: *business process modeling*): In diesem Tätigkeitsbereich werden die bestehenden Geschäftsprozesse des jeweiligen Betriebs analysiert, es wird das Verbesserungspotenzial auf Basis einer informationstechnischen Unterstützung ermittelt und ein Sollkonzept durch entsprechende Modelle abgebildet.
- *Requirements-Engineering* (engl.: *requirements engineering*): Die Hauptaufgabe besteht hier in der Erstellung einer (möglichst) vollständigen und widerspruchsfreien Anforderungsspezifikation für das zu erstellende System.

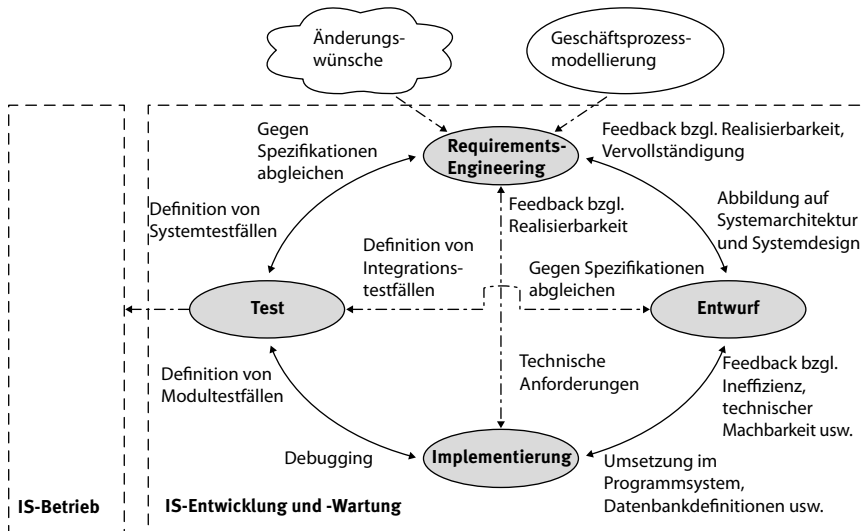


Abb. 8.7: Tätigkeiten in der Systementwicklung und -wartung

- *Entwurf (engl.: design)*: Während dieser Tätigkeit wird eine Systemarchitektur entworfen, die dazu geeignet ist, die Anforderungsdefinition zu erfüllen. Diese Architektur wird solange verfeinert, bis ein detailliertes Design jedes Systembausteins vorliegt.
- *Implementierung (engl.: implementation)*: Hier wird das zuvor spezifizierte Design unter Einsatz konkreter Techniken in ein Hardware- und Softwaresystem überführt.
- *Softwaretest (engl.: software test)*: Im Rahmen des Softwaretests wird geprüft, ob das entwickelte System den zuvor aufgestellten Spezifikationen entspricht. Hierbei werden sowohl einzelne Bestandteile des Systems isoliert betrachtet als auch das System als Ganzes.
- *Change-Management (engl.: change management)*: Mithilfe des Change-Managements wird eine Version des Systems im operativen Betrieb eingeführt. Zu den Hauptaufgaben zählen hier unter anderem die Installation des Systems und die Schulung der zukünftigen Benutzer in Bezug auf geänderte Geschäftsprozesse, Bedienung des Systems und dessen Gestaltungsmöglichkeiten und Freiheitsgrade bei der Problemlösung. Zudem werden in dieser Phase Änderungswünsche, die zum Beispiel auf Fehler oder Unzulänglichkeiten des Systems zurückgehen, aufgenommen und – soweit möglich (und erforderlich) – bearbeitet. Änderungswünsche, die nicht berücksichtigt werden können oder müssen, fließen in eine neue Version des Systems

ein. Das Change-Management ergänzt die fünf übrigen genannten Tätigkeitsbereiche und muss von der Initialisierung des Projekts an kontinuierlich erfolgen.

Auf den ersten Blick folgen die sechs genannten Tätigkeitsbereiche der Systementwicklung sequenziell aufeinander. Bei genauerer Betrachtung wird allerdings erkennbar, dass enge Verknüpfungen zwischen den verschiedenen Aufgaben bestehen. Aus diesem Grund ist es nicht möglich, eine Tätigkeit komplett abzuschließen, bevor mit der nächsten begonnen wird. Vielmehr kann die IS-Entwicklung in mehrere Phasen eingeteilt werden, in denen die oben genannten Tätigkeiten wiederholt ausgeführt werden müssen. Abb. 8.7 visualisiert den Zusammenhang zwischen den drei großen Phasen der IS-Entwicklung sowie den jeweils zugeordneten Tätigkeiten. Die Tätigkeiten können weiter in allgemeine IS-Managementtätigkeiten und IS-Entwicklungstätigkeiten im Speziellen unterteilt werden. Diese unterscheiden sich dadurch, dass Managementtätigkeiten von ihrem Charakter her eher kontinuierlich durchgeführt werden, während die verschiedenen Entwicklungstätigkeiten mehrfach sequenziell nacheinander ausgeführt werden.

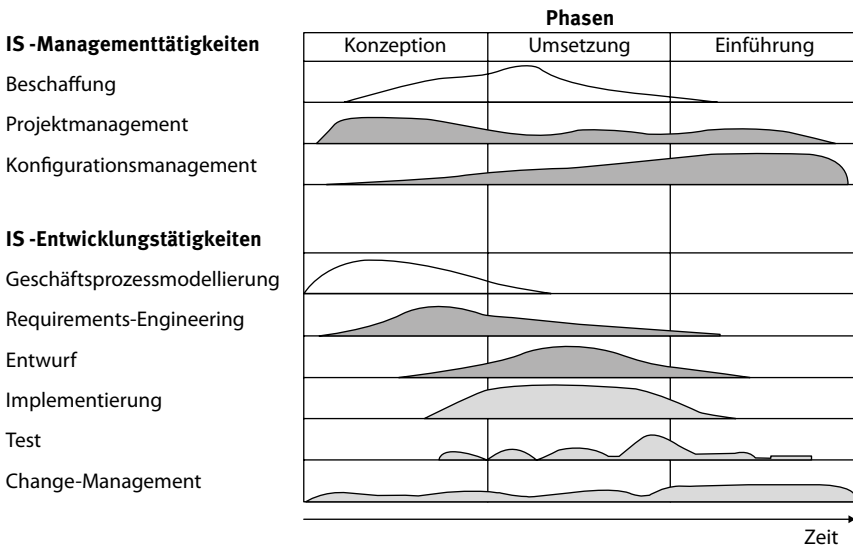


Abb. 8.8: Phasen und Tätigkeiten im Rahmen der IS-Entwicklung

Ein sequenzieller Durchlauf der Entwicklungstätigkeiten wird auch als eine *Iteration* oder ein *Entwicklungszyklus* bezeichnet. In jeder Iteration wird das System auf Grundlage der bereits erarbeiteten Ergebnisse weiterentwickelt und

somit nach und nach zur Reife gebracht. Diese schrittweise Verbesserung wird auch als *inkrementelle Entwicklung* bezeichnet. Am Ende einer Iteration steht jeweils eine neue Version des Systems.

Die *Konzeptionsphase* ist die erste Phase eines Projekts. Der Schwerpunkt im Rahmen der Managementtätigkeiten liegt hier auf dem Projektmanagement. Zudem werden gegen Ende der Phase verstärkt Anschaffungen der für die Entwicklung benötigten Hardware und Software getätigt. Im Rahmen der Entwicklungstätigkeiten stehen in den ersten Iterationen besonders die Geschäftsprozessmodellierung und das Requirements-Engineering im Vordergrund. Danach werden die Tätigkeiten Entwurf, Implementierung und Test ebenfalls in jeder Iteration durchgeführt. Auch wenn erste Implementierungen häufig prototypischen Charakter haben, sollte möglichst von Beginn an auf die Entwicklung wiederverwendbarer Komponenten geachtet werden, um auch hier in jeder Iteration inkrementelle Fortschritte zu erzielen. Das Ergebnis der Konzeptionsphase sollte unter anderem eine klare und gemeinsame Vorstellung der Beteiligten über die Architektur des Systems sein.

Im Anschluss an die Konzeptionsphase folgt die *Umsetzungsphase*. In den frühen Iterationen der Umsetzungsphase müssen häufig noch weitere Anschaffungen getätigt werden. Das Projektmanagement wird fortgeführt, es erfordert allerdings bei weitem nicht mehr den hohen Aufwand wie in der Konzeptionsphase. Besonders zwischen zwei Iterationen muss jedoch häufig steuernd von Seiten des Projektmanagements eingegriffen werden, was entsprechend zu einem temporär erhöhten Aufwand führt. Den größten Teil der Managementtätigkeiten nimmt hier aber das *Konfigurationsmanagement* ein, welches alle zu einem Informationssystem gehörigen Artefakte (Dokumente und Softwarepakete) verwaltet und überwacht. Bei den Entwicklungstätigkeiten steht zu Beginn der Konzeptionsphase noch das Requirements-Engineering im Vordergrund, durch das die detaillierten Vorgaben für die Entwicklung erarbeitet werden. Der Schwerpunkt verschiebt sich aber im Laufe der Umsetzungsphase hin zu den Tätigkeiten des Entwurfs, der Implementierung und des Tests des Informationssystems. Am Ende der Umsetzungsphase steht dann besonders der Systemtest im Vordergrund. Die noch vergleichsweise hohe Entwicklungstätigkeit ist durch die stetige Verbesserung des Systems im Rahmen der Fehlerbehebung zu erklären.

Während der *Einführungsphase* wird das entwickelte System im Betrieb eingeführt. Die Hauptlast auf der Seite der Managementtätigkeiten wird weiterhin durch das Konfigurationsmanagement sowie durch leicht erhöhte Projektmanagementaufgaben erzeugt. Im Rahmen der Entwicklung liegt der Fokus besonders auf den Tätigkeiten des Change-Managements. Durch das Change-Management wird beispielsweise die Einführungsstrategie festgelegt. Zudem

fallen hier die Installationstätigkeiten, die Übernahme von Daten und in besonderem Maße die Schulungsmaßnahmen ins Gewicht. Weiterhin werden in dieser Phase durch fortlaufende Tests mit den operativen Daten häufig noch Fehler oder anderweitige Systemmängel entdeckt, die entsprechend behoben werden müssen. Es soll an dieser Stelle kurz angemerkt werden, dass das Change-Management hier den IS-Entwicklungstätigkeiten zugeordnet wurde, obwohl es ein Bestandteil des Konfigurationsmanagements ist. Diese Aufteilung erscheint sinnvoll, da viele Change-Management-Tätigkeiten eng mit den übrigen Entwicklungstätigkeiten verknüpft sind und nicht isoliert von diesen betrachtet werden können.

In den folgenden Abschnitten beschreiben wir die IS-Entwicklungstätigkeiten aus Abb. 8.8 genauer. Zu diesen Tätigkeiten zählen die Geschäftsprozessmodellierung (bereits in Kapitel 4 besprochen), das Requirements-Engineering, der IS-Entwurf, die Implementierung, das Testen sowie das Change-Management.

8.3.3 Requirements-Engineering



Unter **Requirements-Engineering** (Anforderungsanalyse) versteht man die möglichst vollständige Gewinnung und Aufzeichnung der Anforderungen an ein zu erstellendes oder zu erweiterndes System. Als Resultat dieser Tätigkeit wird die **Anforderungsspezifikation** (engl.: requirements specification) erstellt. Da die gesamte Systementwicklung auf dieser Anforderungsspezifikation aufbaut, sollte sie vollständig, gut verstehbar sowie fehler- und widerspruchsfrei sein.

Das Requirements-Engineering ist ein sehr wichtiger Teil der Systementwicklung. Dies ergibt sich unmittelbar aus der Tatsache, dass nach aktuellen Untersuchungen die meisten gescheiterten Projekte auf Fehler in der Anforderungsspezifikation zurückzuführen sind. Da Fehler oder Unzulänglichkeiten, die früh im Prozess erkannt werden, weitaus kostengünstiger zu korrigieren sind als in späteren Phasen der Systementwicklung, sollte das Requirements-Engineering mit großer Sorgfalt durchgeführt werden. Im gegenteiligen Fall besteht sonst die Gefahr, ein System zu entwickeln, das die Benutzer in dieser Form nicht wollen oder nicht verwenden können.

Das Requirements-Engineering wird manchmal auch als *die Etablierung einer Vision in einem bestimmten Kontext* bezeichnet (engl.: establishing vision in context). Hierdurch wird bereits angedeutet, dass eine Anforderung ohne den Kontext, in dem sie entstanden ist und für den sie beschrieben wurde, wertlos ist. Die Anforderungen gelten somit nur in einem bestimmten Kontext.

Entgegen dem ersten Eindruck ist die Gewinnung und Dokumentation von Anforderungen keine triviale Aufgabe. Dies ergibt sich bereits aus den verschiedenen Arten von Anforderungen, die sich grob in *zwei Kategorien* einteilen lassen:

- *Funktionale Anforderungen* beschreiben die von dem zu erstellenden System geforderten Funktionen. Als Beispiele für funktionale Anforderungen an ein Handelsinformationssystem können Sie sich die Möglichkeit zur Filialbestellung aus einem Zentrallager oder die Unterstützung von Verkaufsaktionen vorstellen.
- *Qualitätsanforderungen (nicht funktionale Anforderungen)* beschreiben die von dem zu erstellenden System geforderten Qualitätsattribute. Zu diesen Qualitätsattributen können zum Beispiel die Laufzeiteffizienz, Wartbarkeit, Nachvollziehbarkeit, Bedienbarkeit, Wiederverwendbarkeit oder Interoperabilität gezählt werden.

Um ein System auf Grundlage der verschiedenen Anforderungen entwerfen zu können, müssen die verschiedenen Anforderungen hinreichend detailliert beschrieben sein. Im Fall einer nicht ausreichenden Beschreibung besteht sonst die Möglichkeit zu Fehlinterpretationen. Diese können wiederum zur Entwicklung eines Systems führen, welches nicht den Vorstellungen der Benutzer entspricht. Um derartige Fehlentwicklungen auszuschließen, sollte erklärende Zusatzinformation gemeinsam mit den eigentlichen Anforderungen aufgezeichnet werden.

Eine sehr wichtige *Ergänzungsinformation* ist zum Beispiel die Priorität, mit der eine Anforderung bei der Umsetzung des neuen Systems berücksichtigt werden muss. Die *Priorität* ist jedoch oft nicht explizit vorgegeben, sondern wird durch eine Reihe von Faktoren bestimmt, die mitunter einen großen Einfluss auf die Priorisierung und damit die Reihenfolge der Umsetzung von Anforderungen haben. Dazu zählen terminliche und budgetäre Rahmenbedingungen, langfristige Anforderungen an das System und die Quelle einer Anforderung, zum Beispiel Manager, Endbenutzer, Administrator, Entwickler, Tester.

Eine große Zahl verschiedener Personengruppen ist an dem Prozess der Systementwicklung und somit auch dem Requirements-Engineering beteiligt. Um eine möglichst hohe Akzeptanz des zu entwickelnden Systems zu erreichen, müssen alle betroffenen Personengruppen (im Englischen als *Stakeholder* bezeichnet) in den Entwicklungsprozess integriert werden. Da unterschiedliche Personengruppen auch *verschiedene Sichtweisen* auf ein System haben, entwickelten sich im Laufe der Zeit drei verschiedene Arten von Anforderungsmodellen, die ebenfalls die Kommunikation mit den unterschiedlichen Beteiligten vereinfachen sollen:

- *Zielmodelle* sind besonders für die Beschreibung relativ abstrakter (zum Beispiel langfristiger, globaler) Anforderungen geeignet und finden häufig Verwendung für die Aufzeichnung von Anforderungen auf Managerebene. Zieldiagramme, wie in Kapitel 4 vorgestellt, können hierfür genutzt werden.
- *Szenarien* beschreiben tatsächliche oder denkbare Ereignis- und Aktionsreihenfolgen und sind zum Beispiel gut für die Kommunikation mit den Endbenutzern eines Systems einsetzbar. BPMN-Modelle können beispielsweise zur Beschreibung von Szenarien genutzt werden.
- *Lösungsmodelle* werden wiederum zur Beschreibung der konkreten Umsetzung durch die zuständigen Entwickler verwendet und vollziehen somit den Schritt von den Anforderungen hin zum konkreten Systementwurf. ER-Diagramme helfen beim Entwurf der zu verwaltenden Daten.

Entsprechend den verschiedenen Haupttätigkeiten lässt sich das Requirements-Engineering grob in die drei Aspekte *Spezifikation*, *Repräsentation*, *Verhandlung* (engl.: specification, representation, agreement) unterteilen.

- Der *Aspekt der Spezifikation* sorgt dafür, dass die Anforderungen gemäß dem jeweils aktuellen Kenntnisstand korrekt abgebildet werden. Im Laufe des Entwicklungsprozesses wird somit aus einer weithin unvollständigen und undifferenzierten Beschreibung eine möglichst vollständige, korrekte und konsistente Spezifikation erstellt.
- Die Spezifikation muss kommuniziert werden. Der *Aspekt der Repräsentation* beschäftigt sich mit den verschiedenen Möglichkeiten zur Abbildung eines Sachverhalts durch formale und informelle Beschreibungsmittel (zum Beispiel Text oder Grafiken). Dies ermöglicht die Beschreibung verschiedener Sichten auf denselben Betrachtungsgegenstand.
- In einem Entwicklungsprozess, in dem viele Personen mit unterschiedlichem Vorwissen und Interessen teilnehmen, kann nicht davon ausgegangen werden, dass gleiche Ansichten zu verschiedenen Teilfragen existieren. Der *Verhandlungsaspekt* trägt dem Umstand Rechnung, dass unter den Prozessbeteiligten in der Regel unterschiedliche Grade der Übereinstimmung bezüglich eines Spezifikationsdokuments herrschen. Das Ziel der Verhandlung ist die Erstellung einer von allen Beteiligten akzeptierten und gut verständlichen Systemspezifikation.

Wie die Informationssystem- und Softwareentwicklung in ihrer Gesamtheit ist auch das Requirements-Engineering keine isolierte Phase, sondern ein *kontinuierlicher, iterativer und inkrementeller Prozess*. Entsprechend müssen Anforderungsmodelle und -spezifikationen – genau wie die Architekturbeschreibung,

das Feindesign oder das Quellprogramm – kontinuierlich gepflegt und aktualisiert werden.

8.3.4 Entwurf und Implementierung von Informationssystemen

In der *Entwurfsphase* werden die in der Anforderungsspezifikation zum Großteil noch recht abstrakt beschriebenen Anforderungen in einen konkreten Lösungsansatz überführt. Schwerpunktmäßig werden hier das Fach-, DV- und Implementierungskonzept aus Kapitel 4 erarbeitet. Diese Konzepte bilden die Grundlage für die Implementierung.

Im Rahmen der *Implementierung* steht die Erstellung eines Programms mithilfe einer oder mehrerer Programmiersprachen im Mittelpunkt. Während der Entwicklung von Software durchläuft diese unterschiedliche *Entwicklungsstadien*. Je nach Reifegrad der Software unterscheidet man hierbei zwischen einem *Prototyp*, einer *Alphaversion*, einer *Betaversion*, einer *Freigabekandidatenversion* und einer *Freigabeversion*.

Ein **Prototyp** (engl.: prototype) ist eine demonstrierbare Vorabversion eines Programmsystems. Bei der Gestaltung des Prototyps wird besonderer Wert auf bestimmte Aspekte des Informationssystems gelegt, die durch den Prototyp demonstriert werden sollen. **Prototyping** (engl.: prototyping) ist ein Ansatz, um ein Konzept zu validieren (engl.: proof of concept), und – vielfach gemeinsam mit den späteren Benutzern – Entwicklungs- und Einsatzerfahrungen eines Teilsystems zu gewinnen.



Man unterscheidet folgende Typen von Prototypen:

1. *Prototypen, welche die Machbarkeit nachweisen* (engl.: proof of concept prototype).
2. *Funktionale Prototypen* (engl.: functional prototype): Diese Prototypen veranschaulichen die Funktionsweisen des Endsystems.
3. *Visuelle Prototypen* (engl.: visual prototype): Diese Prototypen zeigen, wie das künftige System aussehen soll und legen vielfach Wert auf Darstellung und Ästhetik.

Bei einer **Alphaversion** (engl.: alpha version) eines Softwaresystems sind zwar nicht alle wesentlichen Funktionen implementiert, doch ist das System bereits in einem Zustand, dass es von den Entwicklern an Personen weitergegeben werden kann, die nicht dem unmittelbaren Entwicklerteam angehören.



Eine Alphaversion eines Softwaresystems ist eine *Vorabversion*, die beispielsweise an Tester weitergegeben wird, oder für die noch Rückmeldungen von Benutzern zu funktionalen Aspekten eingeholt werden. Bei einer Alphaversion geht man davon aus, dass diese unvollständig ist und dass bei einer späteren Freigabe manche Funktionen anders implementiert sein werden.



Bei einer **Betaversion** (engl.: beta version) eines Softwaresystems sind alle wesentlichen Funktionen des Systems implementiert, jedoch noch nicht vollständig getestet.

Auch die Betaversion eines Softwaresystems ist eine *Vorabversion*, bei der man davon ausgehen muss, dass das System noch zahlreiche schwerwiegende Mängel aufweist. Aus diesem Grund ist es nicht empfehlenswert, eine Betaversion einer Software im produktiven Einsatz zu verwenden. Das Testen der Software wird von sogenannten *Betatestern* durchgeführt (mehr zum Softwaretest lesen Sie im folgenden Abschnitt).



Eine **Freigabekandidatenversion** (engl.: release candidate version) eines Softwaresystems hat alle Funktionen vollständig implementiert und diese Funktionen wurden bereits ausgiebig getestet. Vor der allgemeinen Freigabe wird die Software in Form der Freigabekandidatenversion einem größeren Personenkreis zur Verfügung gestellt.

Treten bei einer solchen Version noch Probleme auf, geht die Software wiederum an das Entwicklerteam zurück und es muss eine weitere Freigabekandidatenversion (mit einer neuen Versionsnummer) erstellt werden.



Eine **Freigabeversion** (engl.: release version) eines Softwaresystems entspricht der finalen Version, die an Dritte weitergegeben wird. Man spricht auch im Deutschen von einem **Release**.

Typischerweise wird eine freigegebene Software im produktiven Einsatz verwendet. Wird in späterer Folge vom Softwareentwickler eine neue Version freigegeben, so muss vom Anwender ein *Upgrade* durchgeführt werden, durch das gegebenenfalls die in der alten Version erfassten Daten in eine neue Version übernommen und möglicherweise angepasst werden müssen. Man spricht hierbei von einer *Datenmigration* (engl.: data migration).

8.3.5 Testen von Informationssystemen

Unter einem **Softwaretest** (engl.: software test) versteht man den Prozess, bei dem geprüft wird, ob ein bestimmtes Softwaresystem den zugrunde liegenden Spezifikationen entspricht und ob es in der dafür vorgesehenen Systemumgebung lauffähig ist.



Obwohl der *Softwaretest eine der wichtigsten Tätigkeiten* im Rahmen der Informationssystementwicklung ist, wird er immer noch zu häufig vernachlässigt. Es existiert jedoch eine Vielzahl von *Gründen, die für einen wohldefinierten und kontrollierten Testprozess sprechen*:

- Testen ist ein wichtiger Bestandteil der *Qualitätssicherung*. Ein schlechter Testprozess kann negative Auswirkungen auf die Verlässlichkeit des resultierenden Softwareprodukts haben. Dies kann zu einer starken (ungeplanten) Erhöhung der Entwicklungs- und Wartungskosten oder sogar zum vollständigen Scheitern eines Projekts führen.
- Ein guter Testprozess verursacht einen großen Teil der gesamten *Entwicklungskosten*. Aus diesem Grund ist es umso wichtiger, einen effizienten Testprozess zu definieren und explizit Zeit- und Geldressourcen für diese wichtige Aufgabe vorzusehen.
- Ein guter Testprozess *zwingt die beteiligten Personen zur Disziplin* und erinnert sie daran, sich bereits zu einem frühen Zeitpunkt mit eventuellen Problembereichen zu befassen. Dies führt zu einer *Ersparnis von Zeit und Kosten für eventuell notwendige Korrekturen*, da das frühzeitige Erkennen von Fehlern zu einfachen und kostengünstigen Korrekturen führt.
- Auch ein guter Testprozess ist keine Garantie für das Gelingen von Softwareprojekten, er trägt jedoch dazu bei, *Probleme frühzeitig zu erkennen*.

Im Groben kann der *Softwaretest in drei verschiedene Testarten* unterteilt werden: Modultest, Integrationstest und Systemtest.

Im Rahmen des **Modultests** (engl.: module test, component test, unit test) werden einzelne Softwarekomponenten (oder kleine Konfigurationen) auf ihre korrekte Funktionalität überprüft.



Beim *Modultest* wird die *jeweilige Komponente isoliert betrachtet* und mit speziell für sie vorgesehenen Testdaten ausgeführt. Diese Art von Test findet nahe am Quellcode statt und kann unter anderem unter Verwendung von *Fehlerbehebungswerkzeugen* (engl.: debugging tool) erfolgen. Der Modultest kann bereits in sehr frühen Entwicklungsstadien des Softwaresystems durchgeführt werden.



Im Rahmen des **Integrationstests** (engl.: integration test) werden Konfigurationen oder Subsysteme eines Softwaresystems gemeinsam getestet.

Jede der einzelnen Komponenten wurde im Regelfall bereits separat durch einen Modultest getestet. Daher ist es hierbei von besonderem Interesse, ob die einzelnen Komponenten *in der vorgesehenen Weise miteinander interagieren*, um gemeinsam die spezifizierten Funktionen korrekt zur Verfügung zu stellen.



Der **Systemtest** (engl.: system test) ist darauf ausgerichtet, ein komplettes Softwaresystem (und eventuell Hardwaresystem) zu testen. Hierbei wird prinzipiell das fertig installierte Informationssystem (wenn möglich auf der operativen Hardwareplattform) getestet.

Der Systemtest wird vielfach erst in den späteren Entwicklungsstadien des Softwaresystems (beispielsweise mit der Freigabekandidatenversion) durchgeführt. Die besondere Aufmerksamkeit gilt beim Systemtest der *korrekten Realisierung der Endbenutzerfunktionen*.



Unter **Akzeptanztest** (engl.: acceptance test) versteht man den Funktionstest eines Systems aus der Sicht eines Benutzers.



Beispielsweise erfolgt bei einem webbasierten System der Akzeptanztest ausschließlich über die Webschnittstelle.

Neben den vier genannten Testebenen können ebenfalls grob *zwei verschiedene Kategorien von Testverfahren* unterschieden werden: das *strukturelle* oder auch *White-Box-Testen*, sowie das *funktionale* oder auch *Black-Box-Testen*. Idealerweise sollten beide Arten zum Einsatz gelangen, um sich gegenseitig zu ergänzen.



White-Box-Testverfahren (engl.: white box test) untersuchen die interne Struktur des Quellprogramms von Softwarekomponenten und überprüfen unter anderem die Qualität des Quellprogramms.

White-Box-Testverfahren umfassen unter anderem folgende Verfahren:

- *Anweisungsüberdeckungstest*: Jede Anweisung im Quellprogramm einer Komponente soll mindestens einmal ausgeführt werden.
- *Zweigüberdeckungstest*: Jede Anweisung und jede Verzweigung innerhalb des Quellprogramms einer Komponente soll mindestens einmal ausgeführt werden.

- *Pfadtest*: Nach bestimmten Kriterien werden gezielt verschiedene Ausführungspfade (zum Beispiel Programmteile, die mit unterschiedlichen Startwerten aufgerufen werden) innerhalb des Quellprogramms einer Komponente ausgeführt.

Im Rahmen von *Black-Box-Tests* wird im Gegensatz zum White-Box-Testen „nur“ die *Spezifikation eines Programms* einbezogen.

Im Rahmen von **Black-Box-Tests** (engl.: black box test) wird „von außen“ überprüft, ob die betrachtete Komponente die festgelegten Anforderungen (die Spezifikation) erfüllt, ohne dass der Tester die Interna der Komponente kennt. 

Da die so definierten Testfälle keine Rücksicht auf die interne Umsetzung einer Anforderung nehmen, sind sie für verschiedene Implementierungen verwendbar. Demgemäß liegt der Hauptfokus im Rahmen des Black-Box-Testens auf der *Definition von Testfällen*, die eine hohe Wahrscheinlichkeit zur Aufdeckung von Fehlern aufweisen. Neben der *Auswahl der Testfälle* ist auch die Bestimmung der *Reihenfolge von Tests* ein nicht triviales Problem. Eine Orientierung an Nutzungsszenarien kann wertvolle Information über eine sinnvolle Testreihenfolge liefern.

Unter einem **Regressionstest** (engl.: regression test) versteht man einen Test, der sicherstellen soll, dass ein vorher korrekt funktionierendes Programm auch nach Modifikationen noch der Spezifikation entspricht. 

Es ist hilfreich, wenn *Regressionstests automatisiert* durchgeführt werden können, da hierdurch Fehler oder Unachtsamkeiten vermieden werden. Im Rahmen einer iterativen und inkrementellen Softwareentwicklung muss in jedem Iterationsschritt auch die Testspezifikation des Systems aktualisiert werden. Zudem sollten am Ende jeder Iteration sowohl Regressionstests der bereits vorhandenen Testfälle als auch neu entworfene Testfälle ausgeführt werden.

Generell muss angeführt werden, dass das Testen zu einer Qualitätsverbesserung führt, aber auch seine *Grenzen* hat. Es ist unmöglich, auch ein relativ einfaches Informationssystem *vollständig* zu testen. Das liegt unter anderem daran, dass die Zahl der möglichen Systemzustände sich aus der Zahl der möglichen Speicherbelegungen ergibt und immens hoch ist. Testen dient dazu, Fehler aufzufinden, es *kann jedoch niemals die Fehlerfreiheit* eines komplexen Softwaresystems *nachweisen*. Wenn die Testfälle keinen Fehler aufzeigen, können trotzdem Fehler im System existieren, die anhand der

Testfälle nicht gefunden werden. Obwohl Testen niemals Fehlerfreiheit garantieren kann, ist dies kein Grund für das Unterlassen von Tests. Vielmehr ist es ein Hinweis, den Testaufwand für Informationssysteme nicht zu unterschätzen.

8.3.6 Change-Management



Unter dem Begriff **Change-Management** werden Aufgaben und Tätigkeiten zusammengefasst, die ausgeführt werden müssen, um Änderungen möglichst effizient in eine Organisation oder ein (operatives) Informationssystem einzubringen.

Im Zusammenhang mit Informationssystemen können *Änderungen* hierbei im Wesentlichen durch eines der folgenden *Ereignisse* ausgelöst werden:

- *Marktänderungen:* Ausgelöst durch Kundenwünsche und Konkurrenzdruck können sich Änderungen für das Informationssystem ergeben (beispielsweise im Vertriebssystem bei verstärkter Internationalisierung).
- *Änderungen durch Kooperationen und Übernahmen:* Durch Zukauf von anderen Betrieben oder durch verstärkte Kooperationen mit Marktpartnern ergeben sich meist eine Vielzahl von Änderungen für die beteiligten Informationssysteme.
- *Änderungen der Marketingstrategie:* Beispielsweise muss bei einer Diversifikation von Sortimenten und dem Wechsel von Absatzkanälen auch das Informationssystem entsprechend angepasst werden.
- *Änderungen der operativen Prozesse:* Die Prozesse innerhalb eines Betriebs unterliegen einer ständigen Qualitätskontrolle. Änderungen dieser Prozesse ergeben sich zum Beispiel, wenn die zugehörigen Abläufe aufgrund neuer Erkenntnisse effizienter gestaltet werden.
- *Änderung von Gesetzen oder bindenden Vorschriften:* Häufig müssen bestehende Systeme geändert werden, um die Einhaltung gesetzlicher Regelungen zu gewährleisten.
- *Anschaffung einer neuen Systemkomponente:* Durch die Anschaffung neuer oder aktualisierter Hardware und Software entstehen sowohl Änderungen in der Struktur des bisherigen Systems als auch im notwendigen Qualifikationsprofil der Mitarbeiter, die mit diesem System arbeiten.

Change-Management-Tätigkeiten umfassen somit ein *großes Spektrum an verschiedenartigen Aufgaben*, die jeweils eine ganz unterschiedliche *Qualifikation* von den Verantwortlichen verlangen. Hierzu zählen einerseits organisatorische und soziale Fähigkeiten, zum Beispiel für die Organisation und Durchführung

von Mitarbeiterschulungen, andererseits wird unter dem Begriff des Change-Managements auch eine Reihe von Tätigkeiten zusammengefasst, die primär technisches Wissen verlangen. Man unterscheidet daher Change-Management-Aktivitäten auf der Ebene der Systemeinführung und auf der Ebene der Systementwicklung und -wartung.

Die *Change-Management-Aktivitäten im Kontext der Systemeinführung* bewegen sich vor allem auf der Ebene von organisatorischen Maßnahmen und Geschäftsprozessen. Hierzu zählen zum Beispiel die Einführungsstrategie, die Einweisung der Mitarbeiter in die Benutzung neuer Produkte oder die Anpassung vorhandener Prozesse an ein effizienteres Informationssystem.

Die **Einführungsstrategie** (engl.: deployment strategy) definiert, wie ein Softwaresystem in einem Betrieb eingeführt wird. Die Einführungsstrategie umfasst die Schritte der Einführung sowie Zeitpunkt und Umfang der Freigabe des Systems für die Benutzer.



Durch die *Einführungsstrategie* wird festgelegt, ob die geänderten Komponenten zu einem *Stichtag* eingeführt werden sollen, oder ob die Benutzer eine gewisse Zeit lang die alten und neuen Komponenten im *Parallelbetrieb* nutzen sollen. Im ersten Fall spricht man von einer *Stichtagsumstellung*, im zweiten von einer *Parallelumstellung*. Die Stichtagsumstellung besitzt den Vorteil, dass alle Mitarbeiter stets mit dem gleichen System arbeiten, allerdings gibt es bei etwaigen Fehlfunktionen im Neusystem für die Benutzer kein bewährtes Altsystem, auf das sie noch zurückgreifen können. Dadurch muss damit gerechnet werden, dass etwaige Fehler im Neusystem direkt die Leistungserfüllung beeinträchtigen.

Eine weitere Frage bei der Einführungsstrategie betrifft den *Umfang der Umstellung*: Soll die Umstellung in *einem einzigen Schritt (Komplettumstellung)* erfolgen oder soll sie *schrittweise* erfolgen (*gegliederte Umstellung*). Die Gliederung kann nach Teilsystemen erfolgen (ein Teilsystem zuerst) und nach organisatorischen oder räumlichen Kriterien (beispielsweise eine Niederlassung zuerst). Für *lose gekoppelte* Systeme ist eine Einführung von Teilkomponenten leichter durchführbar als für *eng gekoppelte* Systeme.

Oft ist die Projektdauer einer Komplettumstellung kürzer als die einer stufenweisen Umstellung. Zudem sind keine temporären Schnittstellen zwischen den noch nicht umgestellten Teilen des Altsystems mit dem Neusystem notwendig. Bei einer Teilumstellung kann man allerdings leichter auf etwaige Probleme im Neusystem reagieren, wodurch das Projektrisiko reduziert wird.

Die dem Change-Management zuzuordnenden Tätigkeiten *im Rahmen der Systementwicklung und -wartung* sind eher technischer Natur. Die besondere Aufmerksamkeit gilt hierbei Änderungswünschen von Benutzern oder Testern. Diese Änderungswünsche gehen meist auf fehlerhafte Systemeigenschaften

oder auf Erweiterungswünsche zurück. Im Rahmen der Softwareentwicklung wird das Change-Management in der Regel als ein Teilbereich des sogenannten *Konfigurationsmanagements* betrachtet.



Unter dem Begriff **Konfigurationsmanagement** (engl.: configuration management) wird die Verwaltung und Überwachung aller im Laufe einer Softwareentwicklung erstellten Dokumente und Softwarekomponenten verstanden. Eine der Hauptaufgaben im Konfigurationsmanagement besteht in der Fortschreibung einer Projekt- und Produkthistorie, sodass auch der Zugriff auf ältere Produktversionen (inklusive aller zugehörigen Information) jederzeit gewährleistet ist.

Die Bedeutung des Konfigurationsmanagements ist in der Praxis sehr hoch, da vor allem bei Upgrades nicht nur die unmittelbar betroffenen Komponenten, sondern auch die weiterentwickelten und angepassten Komponenten geprüft und gegebenenfalls geändert werden müssen. Um in einem konkreten Änderungsfall schnell alle Artefakte und Personen identifizieren zu können, die von einer Änderung betroffen sind, sollte während der Systementwicklung und -änderung sogenannte *Traceability-Information* aufgezeichnet werden, um eine vollständige Nachvollziehbarkeit zu gewährleisten.



Unter dem Begriff **Traceability** (deutsch: Nachverfolgbarkeit) versteht man die Möglichkeit, Verbindungen zwischen Personen, Entscheidungen, Modellen und Systembestandteilen zu speichern, um im Nachhinein noch genau feststellen zu können, wie diese zusammengehören und warum ein bestimmtes Vorgehen den übrigen Alternativen vorgezogen wurde.



Ein *Beispiel*, das die *Verwendung von Traceability-Information* verdeutlicht, ist die Verknüpfung einer bestimmten Systemanforderung mit den Personen, die diese Anforderung aufgestellt haben. Im Falle einer Änderung können diese Personen somit (falls nötig) sofort identifiziert und um Rat gefragt werden. Weiterhin sollte für jede Anforderung genau festgehalten werden, welche Komponenten innerhalb des Systems diese Anforderung auf technischer Ebene realisieren. Wenn sich eine Anforderung ändert, können auf diese Weise unmittelbar die betroffenen Hard- und Softwarekomponenten identifiziert und entsprechend angepasst werden.

Um *Traceability-Information* aufzuzeichnen, werden im Wesentlichen *Verbindungen zwischen Personen oder Artefakten* gespeichert, die verschiedene Arten von Abhängigkeiten ausdrücken können. Unter einem *Artefakt* versteht man jedes Produkt, das im Laufe der Systementwicklung erstellt wurde, wie etwa Anforderungsdefinitionen, Dokumentationen, Softwarekomponenten oder Testfälle.

Beispiele für solche Verbindungstypen sind:

- „Realisiert“, zwischen Anforderung und Systemkomponente,
- „Verwendet“, zwischen Systemkomponente und Systemkomponente,
- „Überprüft“, zwischen Testfall und Anforderung,
- „Verfeinert“, zwischen Testfall und Testfall.

B

Die Art der aufgezeichneten Traceability-Information hängt von einer Reihe verschiedener *Einflussfaktoren* ab, wie zum Beispiel der Terminplanung des Projekts, dem verfügbaren Budget, gesetzlichen Vorgaben, dem verwendeten Entwicklungsprozess und natürlich dem späteren Verwendungszweck dieser Information. Weiterhin ist die Aufzeichnung jeder denkbaren Traceability-Information allein aufgrund der sich daraus ergebenden Informationsmenge nahezu ausgeschlossen. Daher muss spezifisch für jedes Projekt (und Softwareprodukt) entschieden werden, ob eine bestimmte Information in dem zugehörigen Entwicklungskontext benötigt wird.

8.3.7 Vorgehensmodelle für IS-Entwicklungsprozesse

Aufgrund der Komplexität der Aufgabenbereiche in IS-Entwicklungsprozessen können diese Aktivitäten nicht nur einmal durchgeführt und abgeschlossen werden, sondern müssen wiederholt durchlaufen werden. Dabei dienen Vorgehensmodelle dem Management zur Orientierung über den Projektfortschritt. Bei der *Unterteilung der Systementwicklung in zeitliche Abschnitte* steht das Ziel im Vordergrund, den kontinuierlichen Entscheidungsprozess in mehrere Entscheidungsstufen aufzugliedern. Deshalb werden die *Phasen* eines derartigen Modells nach den Zeitpunkten unterteilt, an denen *Entscheidungen von grundsätzlicher Bedeutung* zu fällen sind. Durch diese Unterteilung werden die Entwicklungsrisiken überschaubarer und der jeweilige Entwicklungsstand wird auch für nicht unmittelbar Beteiligte (zum Beispiel höherer Managementebenen) transparent.

Es gibt kein *allgemein gültiges Phasenschema*, das sich für jeden Softwareentwicklungsprozess gleichermaßen eignet. Wichtige Faktoren für die Wahl des Modells sind der Umfang und die Dauer eines Projekts, der Grad der Genauigkeit der Spezifikation und die Anzahl der beteiligten Entwickler. Unterschiede der in der Literatur vorgeschlagenen beziehungsweise in der Praxis verwendeten Vorgehensmodelle gibt es vor allem bezüglich der Zahl und Art der Stufen sowie der Zeitdauer und dem Detaillierungsgrad der einzelnen Tätigkeitsschwerpunkte (siehe Abb. 8.9).

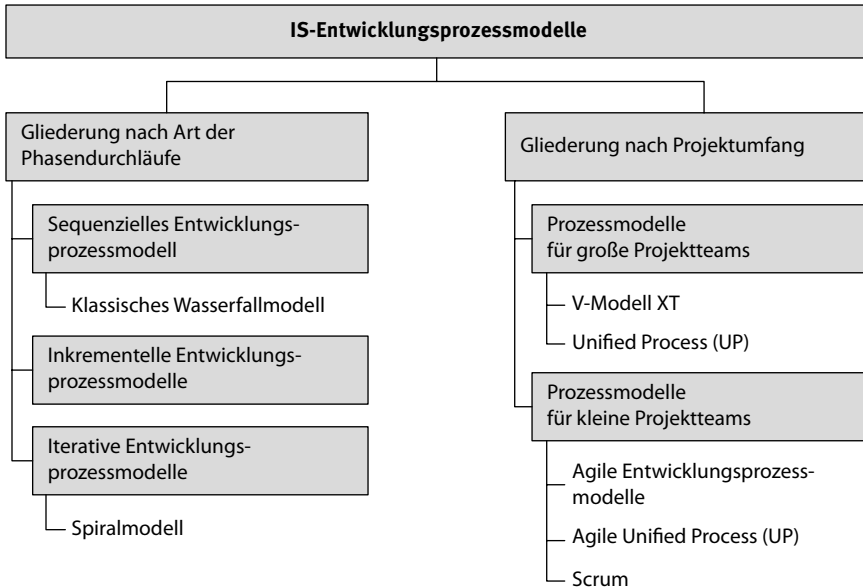


Abb. 8.9: Vorgehensmodelle für IS-Entwicklungsprozesse



Bei einem **sequenziellen Entwicklungsprozessmodell** (engl.: sequential software development model) werden die Phasen der Entwicklung streng nacheinander durchgeführt, wobei jede einzelne Phase abgeschlossen und nur einmal durchlaufen wird.

Bei den sequenziellen Entwicklungsprozessmodellen werden Rücksprünge zu vorherigen Phasen und deren teilweise oder vollständige Wiederholung nur ausnahmsweise zugelassen. Der früheste Vertreter eines solchen sequenziellen Modells ist das *klassische Wasserfallmodell*, bei dem die Phasen Anforderungsanalyse, Entwurf, Implementierung, Test und Wartung streng nacheinander ausgeführt werden. Dieses Modell wird allerdings oft kritisiert, weil greifbare Ergebnisse für die Nutzer erst spät vorliegen und es aus technischen wie auch wirtschaftlichen Gründen dann kaum mehr möglich ist, Änderungswünsche zu berücksichtigen.



Bei einem **inkrementellen Softwareentwicklungsprozessmodell** (engl.: incremental software development model) werden Softwareprodukte schrittweise weiterentwickelt, wobei nach dem Abschluss jedes Schrittes eine funktionsfähige Softwarekomponente vorliegt.

Eine Maßnahme zur Verbesserung gegenüber einem sequenziellen Vorgehen ist die *Entwicklung von Prototypen*, möglichst bereits in der Anfangsphase eines Entwicklungsprojekts. Prototypen können bei der Abnahme der Ergebnisse eingesetzt werden. Diese Prototypen können weiter entwickelt werden, wodurch die Teilsysteme schrittweise vervollständigt und schlussendlich zu einem Gesamtsystem integriert werden. Man spricht dann von *inkrementellen Entwicklungsprozessen*.

Bei einem **iterativen Softwareentwicklungsprozessmodell** (engl.: iterative software development model) werden die Phasen der Entwicklung mehrfach durchlaufen. Diese Modelle gehen von einem evolutionären Gesamtprozess aus, durch den ein Softwaresystem laufend verbessert wird. 

Die wichtigsten *Vorteile von iterativen Entwicklungsprozessmodellen* sind, dass hierbei einerseits Entwicklungsphasen wiederholt mit einem höheren Wissensstand durchlaufen werden können, dass aber auch gleichzeitig geänderte Anforderungen beim wiederholten Durchlauf berücksichtigt werden können. Das Modell eignet sich somit nicht nur für die Erstentwicklung, sondern auch für die laufende Weiterentwicklung von Softwareprodukten. Einer der wichtigsten Vertreter der iterativen Modelle ist das *Spiralmodell* (siehe Abb. 8.10). Bei diesem Modell werden der Gesamtaufwand und der Projektfortschritt in den einzelnen Spiralzyklen dargestellt. Die Schrittfolge für die zu entwickelnden Produktteile ist in jedem Zyklus gleich. In diesem Modell ist jeder Zyklus mit einem *Validierungsschritt* versehen, an dem alle Projektbeteiligten teilnehmen. Bestandteil der Validierung ist es, den nächsten Zyklus zu planen und die Ressourcen festzulegen. Wesentliche *Vorteile* des Spiralmodells sind das frühe Erkennen von Fehlern und das Abwägen von Lösungsalternativen. Durch die konsequente Orientierung am Prototyping können die Benutzer bereits in frühen IS-Entwicklungsphasen in den Entwicklungsprozess eingebunden werden.

Das **V-Modell XT** ist ein Vorgehenskonzept, das vor allem für IS-Großprojekte im öffentlichen Bereich entwickelt wurde. Es regelt in umfassender Weise die Detailschritte und die Koordination zwischen Teilschritten von unterschiedlichen Typen von Projekten, wie beispielsweise *intern und extern vergebene IS-Entwicklungsprojekte* oder *IS-Einführungsprojekte mit und ohne Softwareentwicklung*. 

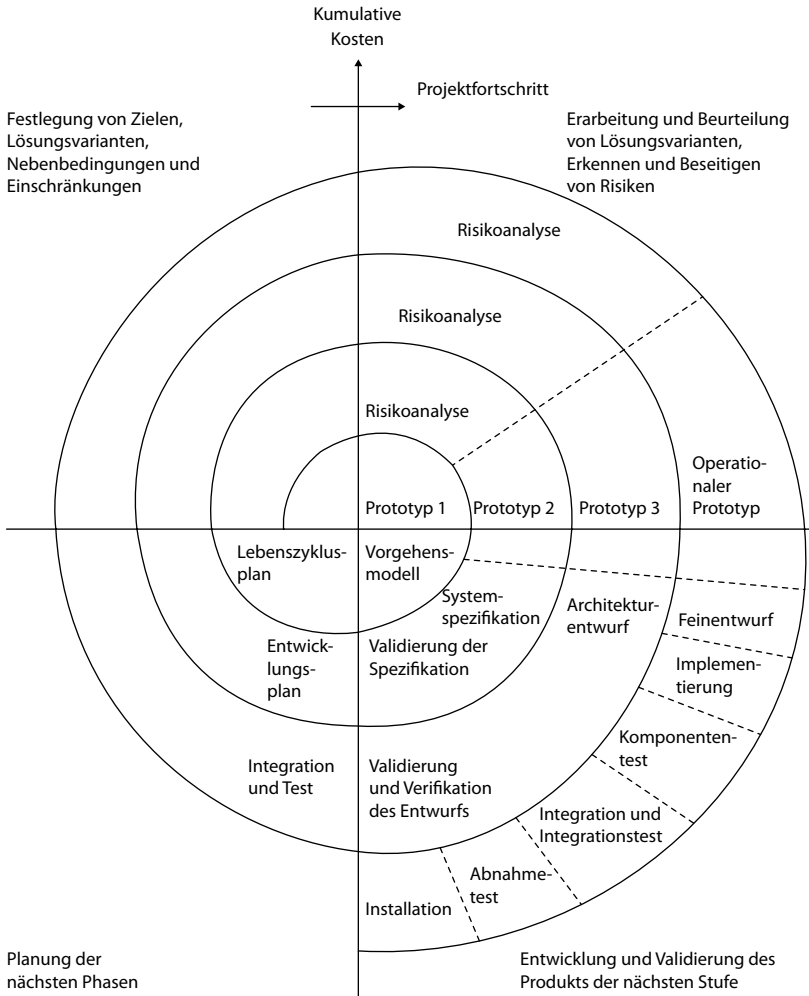


Abb. 8.10: Spiralmodell (nach Boehm)

Der *IS-Entwicklungsprozess* wird im V-Modell als eine Folge von Aktivitäten beschrieben, bei denen definierte Ergebnisse erzeugt werden sollen. Es wird dabei nicht nur auf die Softwareerstellung eingegangen, sondern es werden auch Qualitätssicherung, Konfigurationsmanagement und Projektmanagement behandelt. Für die vier Tätigkeitsbereiche werden entsprechende Submodelle angeboten. Durch das V-Modell XT wird – vereinfacht gesagt – im Detail festgelegt, wer was wann in einem Entwicklungsprojekt zu tun hat. Hierfür werden vom Modell die vier folgenden *Projekttypen* unterschieden:

- Systementwicklungsprojekt eines Auftraggebers (AG),
- Systementwicklungsprojekt eines Auftragnehmers (AN),
- Systementwicklungsprojekt eines Auftragnehmers mit Auftragnehmer in der gleichen Organisation (ohne Vertrag),
- Einführung und Pflege eines organisationsspezifischen Vorgehensmodells.

Für jeden dieser Projekttypen wird vom Modell einerseits definiert, welche *Vorgehensbausteine* durchlaufen werden müssen, und andererseits wird eine *Projektdurchführungsstrategie* vorgeschlagen. Jeder Vorgehensbaustein bildet eine modulare, eigenständige Einheit, die alles für die Bearbeitung einer konkreten Aufgabenstellung beinhaltet. Dabei steht das *Produkt* im Mittelpunkt, das von einer *Aktivität* fertig gestellt wird. Zudem werden *Rollen* beschrieben, durch die Verantwortlichkeiten für Aufgaben bestimmt werden. Die Projektdurchführungsstrategie legt für jeden Projekttyp fest, welche Vorgehensbausteine darin vorkommen müssen oder können, und in welcher Reihenfolge sie abgearbeitet werden müssen. Dies erfolgt über die Reihenfolge, in der die *Entscheidungspunkte* durchlaufen werden müssen. Solche Entscheidungspunkte sind beispielsweise für Projekttypen mit Systementwicklungen: „Anforderungen festgelegt“, „System spezifiziert“, „System entworfen“, „Feinentwurf abgeschlossen“, „Systemelemente realisiert“ und „System integriert“. Mithilfe dieser Konzepte und Maßnahmen strebt das V-Modell XT eine verbesserte Kommunikation der Projektbeteiligten, eine hohe Produktqualität, eine bessere Kalkulation, eine geringere Abhängigkeit von Personen und Firmen und eine einheitliche Dokumentation an.

Der **Unified Process** (Abkürzung: UP) ist ein umfassendes, iteratives und inkrementelles Vorgehensmodell für Softwareentwicklungsprozesse. Der Unified Process ist softwarearchitekturzentriert, geht von einer modellgetriebenen Softwareentwicklung aus und orientiert sich hierbei eng an der Modellierungssprache *UML* (Abkürzung von engl.: unified modeling language).



Der Unified Process ist ein iteratives und inkrementelles Entwicklungsprozessmodell, das vier *Projektphasen* unterscheidet: Startphase (engl.: inception), Ausarbeitungsphase (engl.: elaboration), Entwicklungsphase (engl.: construction), Einführungsphase (engl.: transition). Für jede dieser Phasen sind *Abläufe und Tätigkeiten* definiert (engl.: core workflow). Der Unified Process sieht vor, dass ein Produkt durch zeitbeschränkte Iterationen weiterentwickelt wird, wobei das Ergebnis jeder Iteration eine inkrementelle Verbesserung des Produkts gegenüber der letzten Version darstellt. Nach jeder Iteration liegt das Produkt in verbesserter Weise vor. Die Ausgestaltung der Prozessschritte orientiert sich an zwei Prinzipien: der Architekturzentriertheit und der Use-Case-Zentriertheit. Der

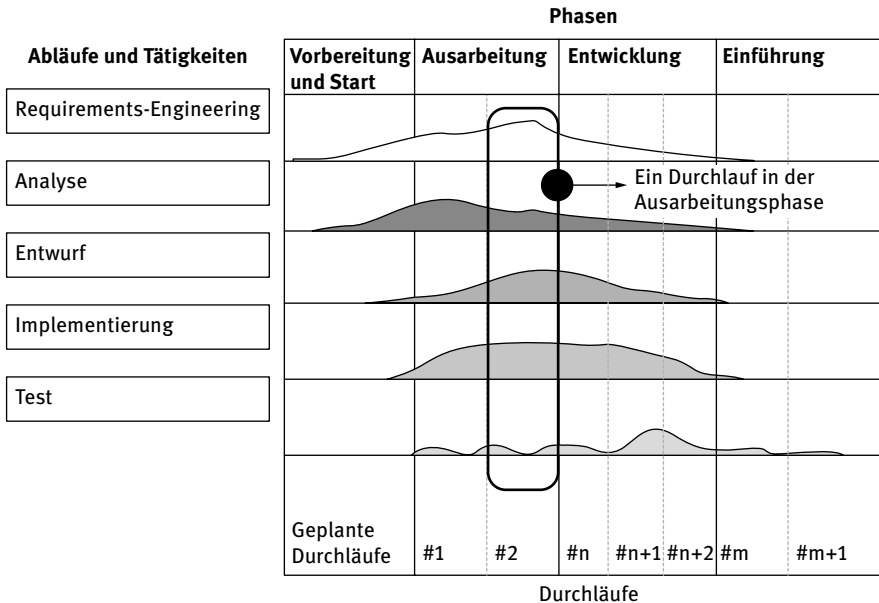


Abb. 8.11: Inkrementelle Weiterentwicklung im Unified Process

Unified Process hat zum Ziel, schrittweise eine „ausführbare Architektur“ zu entwickeln, die modellgetrieben (engl.: model driven) definiert wird (entlang der horizontalen Achse in Abb. 8.11). Die Modelle sind das zentrale Element, um die Softwarearchitektur zu visualisieren. *Use-Cases* werden eingesetzt, um die Abläufe und Tätigkeiten abzustimmen und zu integrieren (entlang der vertikalen Achse in Abb. 8.11). Sie werden dabei beispielsweise verwendet, um die Softwarearchitektur zu validieren, um Testfälle und das Vorgehen beim Test zu definieren und um Iterationen zu planen. Im Vergleich zum V-Modell XT, das sich stark am Projektmanagement und dessen Qualitätsmanagement orientiert, steht beim Unified Process die modellgetriebene Softwareentwicklung mithilfe der UML im Zentrum.



Als **agile Entwicklungsprozessmodelle** (engl.: agile development process model) werden *leichtgewichtige Entwicklungsprozessmodelle* (engl.: lightweight software development model) bezeichnet, die weitgehend unbürokratisch sind. Sie sind durch kleine Teilprojektschritte mit greifbaren Ergebnissen, anpassbaren Vorgaben, Teamwork und weitgehende Selbstorganisation charakterisiert.

Der Begriff der *agilen Entwicklungsprozessmodelle* entstand im Kontrast zu komplexen Prozessmodellen, die für große IS-Entwicklungsteams konzipiert

wurden. Diese Ansätze wurden auch dadurch inspiriert, dass im Bereich der Open-Source-Softwareentwicklung hervorragende Softwareprodukte entwickelt werden, die auch ohne komplexe Entwicklungsprozessmodelle koordiniert werden, obwohl dabei oft hunderte Entwickler zu einem Gesamtprodukt beitragen.

Die *Grundprinzipien der agilen Entwicklungsprozessmodelle* wurden durch das „Agile Manifesto“ definiert. Sie zielen auf hohe Kundenzufriedenheit mithilfe von fortlaufenden Freigaben für funktionierende Software ab. Dies soll über die tägliche Kommunikation zwischen Anwendungsexperten und Entwicklern erreicht werden. Dabei ist hoher Wert auf Einfachheit, technische Exzellenz und gutes Design zu legen. Teams sollen sich selber organisieren, damit sich deren Kreativität und Motivation frei entfalten kann. Zudem soll ein gutes Ergebnis durch die Bewertung der Gruppenleistung und Schaffung einer gemeinsamen Verantwortung für die Effektivität der Gruppe gesichert werden.

Es gibt auch zahlreiche *Kritikpunkte* an den Prinzipien der agilen Modelle. So kann beispielsweise eine starke Einbeziehung von Kunden in laufende Projekte zu unkontrollierbaren *Ausweitungen des Projektumfangs* (engl.: scope creep) führen. Dies kann bei Projekten mit fixem Budget Finanzierungsprobleme oder eine verlängerte Projektdauer nach sich ziehen.

Basierend auf den Prinzipien der agilen Softwareprozessmodelle wurden zahlreiche Entwicklungsmodelle vorgeschlagen, zu denen beispielsweise *Agile Unified Process* (Abkürzung: AUP) oder *Extreme Programming* zählen. AUP ist eine vereinfachte Form des Unified Process, der mittels agilen Ansätzen wie *testgesteuerter Entwicklung* (engl.: test driven development) oder *agiler, modellgetriebener Entwicklung* (engl.: agile model driven development) angepasst wurde.

Ein weiteres agiles Vorgehensmodell ist *Scrum*. Ursprünglich wurde Scrum als Methode zur Produktentwicklung von Nonaka und Takeuchi entwickelt und hat seine Wurzeln im Wissensmanagement. Der Ansatz wurde 1995 von Sutherland und Schwaber auf die agile Softwareentwicklung übertragen. Wie bei allen agilen Modellen wird auf schlanke Entwicklungsprojekte Wert gelegt, wobei man von einer ständigen Weiterentwicklung aller Beteiligten (Entwickler, Kunden, Partner) und der laufenden Verbesserung der Herstellungsprozesse ausgeht. Ein weitgehend selbstorganisiertes Team übernimmt mit einem *Produktverantwortlichen* (engl.: product owner) die gemeinsame Verantwortung für die weitgehend selbstbestimmten Aufgabenpakete. Durch Scrum werden sechs Rollen (und Verantwortlichkeiten) definiert. Zusätzlich legt Scrum unterschiedliche Formen von Besprechungen fest, die von täglichen Gruppentreffen bis zu planenden und beurteilenden Treffen reichen.

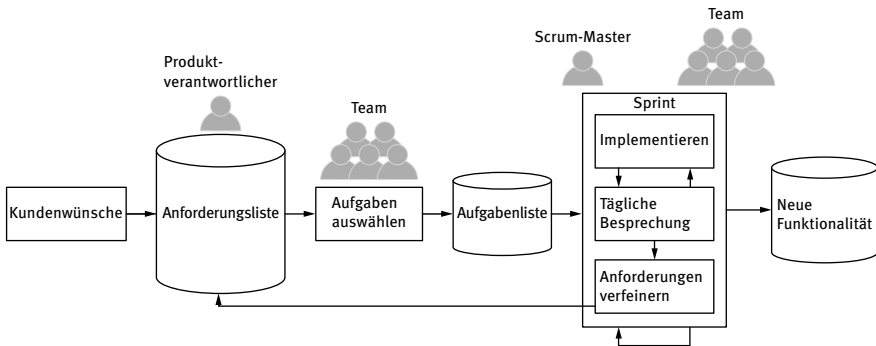


Abb. 8.12: Inkrementelle Weiterentwicklung im Unified Process

Abb. 8.12 veranschaulicht die Softwareentwicklung mit Scrum als Prozess, bei dem die Systementwicklung als eine Folge von mehreren sogenannten *Sprints* gesehen wird. Ein Sprint ist ein Entwicklungsschritt, bei dem vom Projektteam, das aus Benutzern und Entwicklern besteht, jeweils eine Produktfunktionalität implementiert wird. Ausgangspunkt bei Scrum sind die Wünsche der Benutzer und Produktverantwortlichen. Dieser Input wird als eine *Anforderungsliste* (engl.: product backlog) aufbereitet. Der *Produktverantwortliche* (engl.: product owner) ist für die Pflege dieser Liste verantwortlich. In der *Planungsbesprechung* (engl.: sprint planning meeting) kommt das gesamte *Team* zusammen, um die Zielsetzung des nächsten Sprints zu besprechen und entsprechend Aufgaben auszuwählen. Diese bilden die *Aufgabenliste* (engl.: sprint backlog), die im nächsten Sprint abgearbeitet wird. Sprints haben eine vorgegebene Länge und werden von einem *Scrum-Master* (engl.: scrum master) überwacht. Viele Betriebe arbeiten mit Sprints mit einer Dauer von 2–4 Wochen. Ein einzelner Sprint besteht aus Implementierungsarbeit, die in täglichen kurzen Besprechungen koordiniert wird. Dabei ergeben sich oft Verfeinerungen der Anforderungen, die an den Produktverantwortlichen zurückgespielt werden. Nach Abschluss des Sprints steht neue Softwarefunktionalität zur Verfügung. Es wird wieder eine Planungsbesprechung durchgeführt, um den nächsten Sprint vorzubereiten.

8.4 IS-Betrieb

Nachdem im vorhergehenden Abschnitt das Management der IS-Entwicklung betrachtet wurde, liegt das Augenmerk in diesem Abschnitt nun auf dem Betrieb eines Informationssystems und dessen Zusammenspiel mit einer sich ändernden Umwelt.

Unter dem **IS-Betrieb** (engl.: IS operations; systems management) werden hier primär die organisatorischen Maßnahmen zusammengefasst, die die Gewährleistung des laufenden Betriebs des Informationssystems in einer dynamischen Umwelt sicherstellen.



Nicht zuletzt durch die zunehmende Vernetzung der eingesetzten Rechner ist heute der Bereich der Sicherheit eines der Kernprobleme beim Betrieb von Informationssystemen. Daher sind das Sicherheitsmanagement, der Umgang mit der Weitergabe sensibler Daten und der Softwareschutz wichtige Aspekte, die wir separat in Kapitel 9 besprechen. Im Folgenden stellen wir exemplarisch zwei wichtige Prozesse des IS-Betriebs vor, wie sie im Rahmen der *ITIL-Richtlinien* für das *IT-Servicemanagement* diskutiert werden. Diese sind das Störungsmanagement und das Problemmanagement. Diese Prozesse wirken insbesondere mit dem bereits besprochenen Change-Management und Konfigurationsmanagement zusammen. Weitere Handlungsfelder des IS-Betriebs sind die Behandlung unvorhergesehener Ereignisse, das Kapazitätsmanagement und das Ausfallsmanagement. Durch die fortlaufende Überwachung des IS-Betriebs können unvorhergesehene Ereignisse schnell erkannt und behandelt werden. Kapazitätsmanagement zielt dabei darauf ab, stets auf ausreichende Personal- und Rechenkapazitäten zurückgreifen zu können. Das Ausfallsmanagement definiert Anleitungen, um die Beeinträchtigungen von Ausfällen möglichst gering zu halten.

8.4.1 Störungsmanagement

Betriebliche Informationssysteme sind komplex. Oft ist eine Vielzahl von Systemen miteinander verbunden, die teilweise nicht ausreichend dokumentiert sind. Durch fortlaufende Änderungen und Weiterentwicklungen kann es zu Störungen kommen. Die Ursachen für solche Störungen können vielfältig sein und reichen von falscher Eingabe oder falscher Bedienung über kurzfristige Ausfälle einzelner Dienste bis hin zu gravierenden Fehlern in neu eingespielten Softwareversionen oder Ausfällen aufgrund von schadhafter Hardware. Ziel des Störungsmanagement ist es, die Ursache von Störungen zeitnah zu identifizieren und zu beheben.

Unter **Störungsmanagement** (engl.: incident management) werden die Maßnahmen zusammengefasst, die dazu beitragen, die Ursache von Störungen schnell zu erkennen und diese dann zeitnah zu beheben.



Die *Schwierigkeit des Störungsmanagements* besteht darin, dass Störungen nicht immer direkt eindeutig einer Ursache zugeordnet werden können. Typischerweise melden Benutzer Störungen bei der täglichen Nutzung der für sie relevanten Informationssysteme. Zwar sind die Benutzer mit der gewohnten Funktionalität des Informationssystems vertraut, allerdings fehlt ihnen meist das technische Verständnis, um die Ursachen einer Störung zu erkennen. Störungsmeldungen lassen sich daher als Symptome verstehen, deren Ursache erst durch eine umfassende Diagnose erkannt werden kann.

Für ein effizientes und effektives *Störungsmanagement* muss zudem berücksichtigt werden, dass nicht alle Störungen gleichermaßen schwierig und wichtig sind. Daher gilt es als erstes nach der Dokumentation der Störung, diese zu klassifizieren. Man unterscheidet dafür verschiedene *Prioritätsstufen*. Abb. 8.13 zeigt ein Prozessmodell des Störungsmanagements, welches die unterschiedlichen Schwierigkeitsgrade von Störungen berücksichtigt. Man arbeitet mit verschiedenen Stufen, die als *First-Level-Support* (deutsch: Erste Stufe der Unterstützung), *Second-Level-Support* (deutsch: Zweite Stufe der Unterstützung) und *Third-Level-Support* (deutsch: Dritte Stufe der Unterstützung) bezeichnet werden. Diese Stufen zeichnen sich durch eine steigende Qualifikation der Mitarbeiter aus. Zuerst wird versucht, einfache Störungen mithilfe von Standardlösungen durch niedrig qualifizierte Mitarbeiter des First-Level-Support zu beheben. Wenn dies nicht möglich ist, wird der Second-Level-Support eingeschaltet, der ein umfassenderes technisches Wissen besitzt. Wenn es ihm auch nicht gelingt, die Störung zu beheben, wird als Third-Level-Support oft die verantwortliche Entwicklungsabteilung eingeschaltet. Wenn es auch der nicht gelingt, eine kurzfristige Behebung zu erreichen, wird aus der Störung ein Problem, dass mithilfe des *Problemmanagements* bearbeitet wird.

8.4.2 Problemmanagement

Sofern Störungen nicht kurzfristig behoben werden können, werden sie dem Problemmanagement zugeordnet. Das *Problemmanagement* (engl.: problem management) ist dafür verantwortlich, eine tiefgehende Diagnose durchzuführen, auf deren Basis eine Problemlösung bereitgestellt werden kann. Die Mitarbeiter des Problemmanagements müssen entsprechend ein tiefes technisches Verständnis der IS-Architektur und deren Informationssysteme besitzen.

Zentraler Baustein des Problemmanagements ist eine *Problemdatenbank* (engl.: incident database). Unbekannte Probleme, welche aus dem Störungsmanagement übergeben werden, werden dort dokumentiert. Über die Schritte

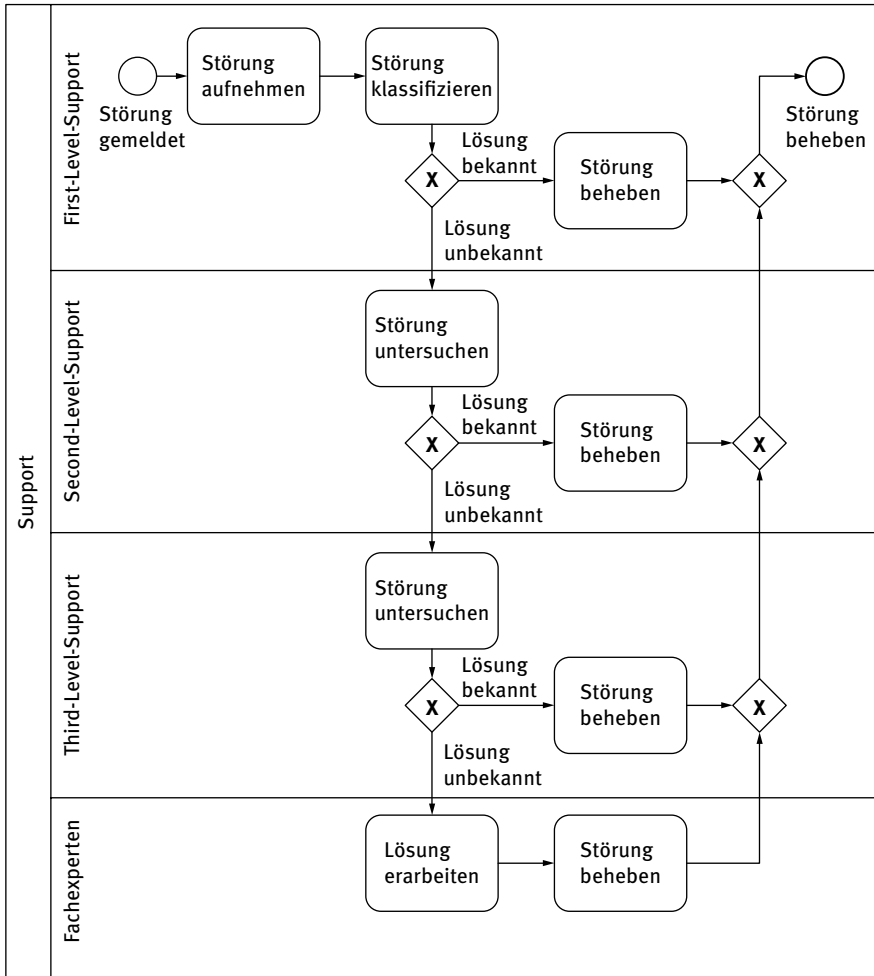


Abb. 8.13: Prozessmodell des Störungsmanagements

der *Problembehandlung* (engl.: problem control) werden aus unbekannten Problemen bekannte Probleme mit letztendlich dokumentierten Lösungen. Hierzu gehört die Erfassung und Analyse des Problems, die Klassifikation, Diagnose und *Fehlerbehandlung* (engl.: error control). Insbesondere für die Diagnose ist die im Rahmen des Konfigurationsmanagements erstellte Dokumentation von besonderer Bedeutung. Auf der Grundlage der Dokumentation wird ein unbekanntes Problem zu einem bekannten Fehler, beim nächsten Auftreten dieses Fehlers kann eine Lösung aus einer Menge bekannter Lösungen ausgewählt werden. Unter Umständen kann die gewählte Lösung eine *Änderungsanfrage*

(engl.: change request) auslösen. Die Lösung wird danach überprüft und bei Erfolg wird das Problem abgeschlossen.

8.4.3 Integration von Entwicklung und Betrieb mit DevOps

Die Prozesse des Störungsmanagements und des Problemmanagements verdeutlichen, dass viele Herausforderungen des IS-Betriebs ein Zusammenarbeiten mit der IS-Entwicklung erfordern. Wenn beispielsweise ein Benutzerproblem auf fehlerhafter Software beruht, so muss letztendlich eine Ausbesserung über eine Änderungsanfrage in Auftrag gegeben werden. Nach Bass, Weber und Zhu (2015) verfolgt der Ansatz des *DevOps* das Ziel, Änderungen schnell an den Betrieb zu übergeben und dabei hohe Qualitätsstandards zu sichern. Dafür müssen Entwicklung und Betrieb eng und fortlaufend zusammenarbeiten. Dies ist für viele Unternehmen eine Herausforderung, da diese Bereiche in der Vergangenheit oft streng getrennt waren.



Unter **DevOps** (Kunstwort aus engl.: *development* (Entwicklung) und *operations* (Betrieb)) versteht man einen Ansatz, Softwareänderungen schnell und fortlaufend an den Betrieb auszuliefern und dabei hohe Qualitätsstandards zu sichern.

Um eine schnelle Auslieferung in hoher Qualität zu erreichen, setzt DevOps einerseits auf *Automatisierung*. Dabei werden Entwicklungs- und Auslieferungswerkzeuge miteinander verkettet, so dass die Übergabe zwischen den Schritten Programmierung, Erstellung, Testen, Packen, Freigabe, Konfiguration und Monitoring im Betrieb automatisiert erfolgen kann. Das beschleunigt den Prozess und ermöglicht die Nutzung von automatischen Prüfoperationen. Je nachdem, welche Testebenen weitgehend automatisiert sind, werden unterschiedliche Grade der Softwarebereitstellung unterschieden:

- Beim Modell der laufenden Integration (engl.: continuous integration, abgekürzt: CI) werden vom Entwickler laufend Änderungen in ein Quellcode-Repository eingespielt, wobei der Programmcode laufend mit Änderungen von anderen Entwicklern abgeglichen wird (die möglicherweise den gleichen Code oder abhängigen Code verändert haben). Dadurch können Quellcode-Konflikte rasch erkannt werden.
- Beim Modell der laufenden Bereitstellung (engl.: continuous delivery, abgekürzt: CD) werden automatisierte Tests nach allen Änderungen durchgeführt und in eine Testinstallation übergeführt, sodass im Prinzip jederzeit eine Software-Release durchgeführt werden könnte. Ein abschließender System- und Akzeptanztest muss allerdings händisch ausgeführt werden.

- Beim Modell der laufenden Aktualisierung der Installation (engl.: continuous deployment) werden zusätzlich zur laufenden Bereitstellung auch automatisierte Tests aus Endbenutzersicht durchgeführt und die im produktiven Einsatz befindliche Software im laufenden Betrieb aktualisiert.

Konzepte des DevOps werden von Betrieben in sämtlichen Branchen eingesetzt. Der Reifegrad der Umsetzung zeigt allerdings große Unterschiede. Betrieben mit *hohem Reifegrad* gelingt es, mehrere Mal am Tag neue Software produktiv zu schalten, wobei die Dauer vom Abschließen der Programmierarbeit bis zum Produktivschalten weniger als eine Stunde beträgt. Ebenfalls in weniger als einer Stunde werden Störfälle behoben. Betriebe mit *geringem Reifegrad* liefern Software nur einmal in der Woche oder einmal im Monat aus. Für die Behebung von Störungen brauchen sie oft mehr als einen Tag.

Aus dem Aufgabenbereich DevOps hat sich das eigenständige Profil des DevOps-Ingenieurs (engl.: DevOps engineer) entwickelt, welches wir bereits in Kapitel 2 beschrieben haben. DevOps-Ingenieure sind mit der Koordination und Planung der agilen Entwicklung und des Betriebs von Informationssystemen betraut. Sie sollen Barrieren zwischen Teams in diesen Bereichen überwinden, die Prozesse bestmöglich abstimmen, integrieren und beschleunigen. Durch die kontinuierliche Weiterentwicklung, kontinuierliche Tests und die kontinuierliche Auslieferung von Softwareprodukten beziehungsweise von neuen Softwareversionen soll eine rasche, bewegliche Anpassung des Betriebs an wechselnde Bedingungs-lagen gewährleistet werden. DevOps-Ingenieure nutzen vor allem Softwarewerkzeuge, um die genannten Tätigkeiten zu unterstützen und möglichst weitgehend zu automatisieren.

Die wichtigsten Punkte

1. Betriebliche Informationssysteme sind komplex, daher muss das Management dieser Systeme systematisch angegangen werden.
2. Die strategische Informationssystemplanung bietet die Grundlage für sämtliche Entscheidungen. Einzelne Projekte sind auf die IS-Architektur auszurichten.
3. Die IS-Entwicklung umfasst typischerweise die Geschäftsprozessmodellierung, das Requirements-Engineering, den Entwurf und die Implementierung, sowie das Testen und das Change-Management.
4. Es gibt verschiedene Vorgehensmodelle, um die Aktivitäten im Rahmen der IS-Entwicklung aufeinander abzustimmen und an unterschiedliche Projektanforderungen anzupassen.
5. Der IS-Betrieb sichert das reibungslose Funktionieren der Informationssysteme. In diesem Rahmen werden insbesondere Störungen behoben und Probleme abgearbeitet.



Übungs- und Lehrmaterialien zu diesem Kapitel finden Sie im Web über den abgebildeten QR-Code. Richten Sie Ihre Smartphone- oder Tablet-Kamera auf das nebenstehende Bild, um zu den Inhalten zu gelangen.

Literatur

- R. D. Austin, R. L. Nolan, S. O'Donnell: The Adventures of an IT Leader, aktualisierte Auflage von 2009, HBR Press, Boston, MA 2016.
- L. Bass, I. Weber, L. Zhu: DevOps: A Software Architect's Perspective, Addison-Wesley, NJ 2015.
- U. Baumöl, H. Österle, R. Winter (Hrsg.): Business Engineering in der Praxis, Springer, Berlin 2005.
- M. Beims, M. Ziegenbein: IT-Service-Management in der Praxis mit ITIL®: Der Einsatz von ITIL® Edition 2011, ISO/IEC 20000:2011, COBIT® 5 und PRINCE2®, Hanser, München 2014.
- Der Beauftragte der Bundesregierung für Informationstechnik: V-Modell XT, https://www.cio.bund.de/Web/DE/Architekturen-und-Standards/V-Modell-XT/vmodell_xt_node.html
- N. Ford, R. Parsons, P. Kua: Building Evolutionary Architectures: Support Constant Change, O'Reilly, Sebastopol, CA 2017.
- I. Hanschke: Enterprise Architecture Management – einfach und effektiv: Ein praktischer Leitfaden für die Einführung von EAM, Hanser, München 2016.
- V. Johanning: IT-Strategie: Optimale Ausrichtung der IT an das Business in 7 Schritten, Springer Vieweg, Wiesbaden 2014.
- H. Krcmar: Informationsmanagement, 6. Auflage, Springer, Berlin 2015.
- P. A. Laplante (Hrsg.): Requirements Engineering for Software and Systems, 3. Auflage, CRC Press, Boca Raton, FL 2017.
- P. Mangold: IT-Projektmanagement kompakt, 3. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag/Springer, Heidelberg 2008.
- A. Picot, H. Dietl, E. Franck, M. Fiedler, S. Royer: Organisation: Eine ökonomische Perspektive, 7. Auflage, Schäffer-Poeschel, Stuttgart 2015.
- E. Tiemeyer (Hrsg.): Handbuch IT-Management: Konzepte, Methoden, Lösungen und Arbeits-hilfen für die Praxis, 6. Auflage, Hanser, München 2017.
- E. Tiemeyer (Hrsg.): Handbuch IT-Projektmanagement: Vorgehensmodelle, Managementin-strumente, Good Practices, 4. Auflage, Hanser, München 2018.
- J. Valacich, J. George, J.A. Hoffer: Essentials of System Analysis and Design, Pearson Education. 6. Auflage, Upper Saddle River, NJ 2014.
- N. Urbach, F. Ahlemann: IT-Management im Zeitalter der Digitalisierung: Auf dem Weg zur IT-Organisation der Zukunft, Springer Gabler, Wiesbaden 2016.

9 Informationssicherheit und Datenschutz

- 9.1 IS-Betrieb und Informationssicherheit — 382
 - 9.2 Sicherheitstechnische Grundlagen — 385
 - 9.2.1 Sicherheitsziele — 385
 - 9.2.2 Verfahren zur Integrität — 392
 - 9.2.3 Verfahren zur Authentifikation — 394
 - 9.2.4 Verfahren zur Vertraulichkeit — 397
 - 9.3 Sicherheitstechnische Anwendungen — 402
 - 9.3.1 Elektronische Unterschriften — 402
 - 9.3.2 Elektronische Ausweise (Zertifikate) — 404
 - 9.3.3 Gesicherte Transaktionsverzeichnisse (Blockchain) — 406
 - 9.4 Sicherheitsmanagement — 411
 - 9.4.1 Gezielte Angriffe — 413
 - 9.4.2 Menschliche Fehler — 415
 - 9.4.3 Unbefugter Zugang oder Zugriff — 416
 - 9.4.4 Schad- und Sabotageprogramme — 416
 - 9.4.5 Rechteverwaltung — 420
 - 9.5 Umgang mit sensiblen Daten (Datenschutz) — 424
 - 9.5.1 Anliegen und Problemfelder — 424
 - 9.5.2 Rechtliche Grundlagen — 429
 - 9.5.3 Bewertung und Ausblick — 433
- Die wichtigsten Punkte — 435
Literatur — 436

Kapitelübersicht

Dieses Kapitel behandelt sicherheitsrelevante Themenstellungen, die sich beim Einsatz von betrieblichen Informationssystemen ergeben. Diese Themenstellungen umfassen Sicherheitsziele und Maßnahmen, wie diese Sicherheitsziele erreicht werden können. Die Maßnahmen sind teils technischer und teils organisatorischer oder legislativer Natur. Letztere betreffen insbesondere den Schutz der Privatsphäre und personenbezogener Daten, also von Problembereichen, die gerade in letzter Zeit im Zusammenhang mit den Abhörskandalen und der globalen Überwachung in den Schlagzeilen der internationalen Presse zu finden waren. In diesem Kapitel werden zunächst allgemeine Sicherheitsziele in einem Modell von Basiszielen und höheren Zielen vorgestellt. Für diese Ziele werden jeweils Bedrohungen und mögliche Techniken zur Abwehr gegenübergestellt. Für ein umfassendes Sicherheitsmanagement ist es notwendig, sowohl die organisatorischen Strukturen als auch die technischen und juristischen Grundlagen zu kennen, um wirksame Gegenmaßnahmen ergreifen zu können. Diese Maßnahmen können zwar nicht Sicherheit garantieren, sie können aber die Chancen des Erfolgs von Angriffen und den potenziellen Schaden reduzieren. Ein Abschnitt über den Datenschutz bildet den Abschluss dieses Kapitels.

Lernziele

Ziel dieses Kapitels ist es, Sie mit den grundlegenden Fragen zum Betrieb von betrieblichen Informationssystemen, insbesondere zur Informationssicherheit und zum Datenschutz vertraut zu machen. Nach dem Durcharbeiten dieses Kapitels können Sie

- die Sicherheitsziele von Informationssystemen strukturiert beschreiben,
- die grundlegenden sicherheitstechnischen Verfahren benennen und in ihrer Funktionsweise nachvollziehen,
- die wichtigsten Zugriffskontrollmodelle erläutern und vergleichen,
- die Einsatzmöglichkeiten und den Nutzen von elektronischen Unterschriften und Zertifikaten nachvollziehen,
- die Funktionsweise von Blockchains und Bitcoin verstehen und die Freiheitsgrade und Potenziale dieser Technologie abschätzen,
- den verschiedenen Arten von Bedrohungen mögliche Maßnahmen gegenüberstellen,
- die grundlegenden Begriffe und Normen der Datenschutzgesetze erklären.

9.1 IS-Betrieb und Informationssicherheit

Betriebliche Informationssysteme ermöglichen die effiziente und effektive Erledigung von betrieblichen Aufgaben. Wie eingangs erläutert, werden in betrieblichen Informationssystemen Sachverhalte und Wissensinhalte gespeichert, die aus der Sicht der Industriespionage und des Wettbewerbs höchst interessant sind. Je mehr ein Betrieb bei der Erledigung seiner operativen Aufgaben von einem Informationssystem unterstützt wird, und somit von diesem abhängt, desto größer wird das Risiko, wenn – beispielsweise durch einen Angriff von außen – das rechnergestützte System nicht mehr verfügbar ist. Der Betrieb ist dann oft nicht mehr handlungsfähig. Dies gilt sowohl für die betriebsinterne Abwicklung als auch für die Erreichbarkeit der Internet-Angebote des Betriebs. Je mehr Funktionen betrieblicher Informationssysteme über das Internet verfügbar werden, desto höher sind die potenziellen Geschäftsvorteile, aber auch das Gefährdungspotenzial. Je stärker Mitarbeiter ihre eigenen persönlichen Informationshilfsmittel (PC, Tablet-Computer, Smartphone) für die betriebliche Aufgabenerfüllung einsetzen (man spricht hier von *BYOD*, Abkürzung von engl.: bring your own device), desto höher ist die potenzielle Verfügbarkeit der Mitarbeiter, und die Kosten für die Beschaffung von Hardware werden möglicherweise geringer. Gleichzeitig steigt aber auch das Gefährdungspotenzial, da private Endgeräte meist nicht professionell gepflegt werden und somit leichte Angriffspunkte darstellen.

Wie Sie aus diesen Beispielen sehen können, stehen Potenzialen häufig auch Gefährdungen gegenüber. Der sicherste Rechner ist vermutlich ein Rechner, der nicht an das Internet angeschlossen ist, der sich in einem Raum befindet, zu dem niemand Zugang hat, und der idealerweise über keine Ein-/Ausgabegeräte verfügt. Ein entsprechender Rechner wäre allerdings für ein betriebliches Informationssystem ziemlich nutzlos.

Im Folgenden beschäftigen wir uns mit sicherheitstechnischen Fragen, die einen sehr wichtigen Aspekt des IS-Betriebs abdecken (mehr zum IS-Betrieb finden Sie in Kapitel 8). Neben den sicherheitstechnischen Fragen behandeln wir das Sicherheitsmanagement und den Umgang mit sensiblen Daten.

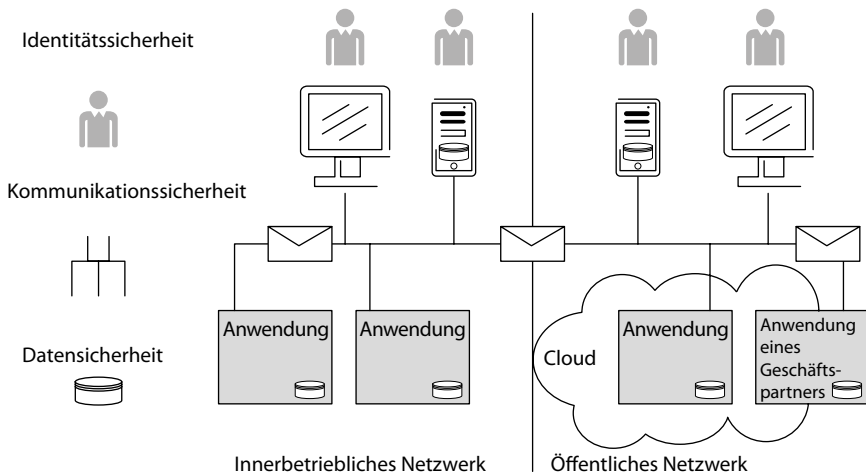


Abb. 9.1: Aufgaben der Informationssicherheit

Zu den Aufgabenbereichen der Informationssicherheit gehören

- die Sicherung der Identität der Benutzer (Identitätssicherheit)
- die Sicherung der gespeicherten Daten (Datensicherheit) und
- die Sicherung der Interaktion (Kommunikationssicherheit).

Ein umfassendes Sicherheitskonzept erfordert, dass diese Aufgabenbereiche sowohl für die Informationsinfrastruktur innerhalb des Betriebs, das heißt für die betriebseigenen Rechner und das betriebliche Netzwerk (engl.: corporate network), abgedeckt werden müssen, aber auch in zunehmendem Umfang für den Zugang von außen zu dieser Informationsinfrastruktur. Zusätzlich werden vermehrt öffentliche Informationsinfrastrukturen (häufig mit dem Oberbegriff „Cloud“ zusammengefasst) für betriebliche Aufgabenbereiche genutzt, die ebenso im Sicherheitskonzept berücksichtigt werden müssen.

! **Identitätssicherheit** (engl.: identity security) beinhaltet die Sicherung der Identität von Benutzern, das heißt die Gewährleistung, dass die Benutzer diejenigen sind, für die sie sich ausgeben. Für die Gewährleistung der Identitätssicherheit werden **Identitätsmanagementsysteme** (engl.: identity management system) eingesetzt.

Auf Rechnern werden viele verschiedene Arten von Information mit unterschiedlich wichtigen Inhalten gespeichert. Ein Teil dieser Daten ist vertraulich und soll vielleicht nur von einer Einzelperson (oder einer kleinen Gruppe) gelesen und verändert werden können. Andere Daten müssen „nur“ vor Verlust geschützt werden, da ihre Erstellung einen erheblichen Aufwand erfordert und diese Daten nicht oder nur mit großem Aufwand wiederbeschafft werden können. Information muss somit sowohl gegen Verlust, als auch gegen die absichtliche oder unabsichtliche Verfälschung und Einsichtnahme geschützt werden. Dieser Schutz muss sowohl während der Übertragung über ein Netz, als auch bei der dauerhaften Speicherung auf einem Speichermedium gewährleistet sein.

! **Datensicherheit** (engl.: data security) beinhaltet die Verhinderung von Datenverlust, Datendiebstahl und Datenverfälschung. Durch vorbeugende Maßnahmen soll die jederzeitige Vollständigkeit und Korrektheit der Daten gewährleistet werden.

Neben der Sicherung der Identität der Benutzer und der gespeicherten Daten gilt es auch die Kommunikationswege abzusichern.

! **Kommunikationssicherheit** (engl.: communication security) oder **Netzwerksicherheit** (engl.: network security) beinhaltet alle Maßnahmen zur Gewährleistung der Sicherheit der Kommunikationsverbindungen und zur Sicherung der Informationssysteme gegenüber Angriffen aus Netzwerken.

Um eine angemessene Sicherheit für ein Informationssystem zu erreichen, sind je nach Sensibilität der gespeicherten Information eine Reihe *physischer, organisatorischer* und *technischer Maßnahmen* notwendig, die sich übergreifend über die genannten Aufgabenbereiche erstrecken. Bei den organisatorischen Maßnahmen ist beispielsweise auf den *Datenschutz* Rücksicht zu nehmen, zu den physischen Sicherungsmaßnahmen zählt beispielsweise die Sicherung gegen Einbruchdiebstahl oder der Schutz vor Brandschäden. Ein Beispiel für eine technische Maßnahme ist die Verschlüsselung von Information mithilfe von kryptografischen Verfahren. Die Analyse und Behandlung von Bedrohungen fällt insbesondere in den Bereich des sogenannten *Risikomanagements*. Bevor wir uns den sicherheitstechnischen Managementaspekten zuwenden, stellen

wir im kommenden Abschnitt die wichtigsten sicherheitstechnischen Grundlagen von Informationssystemen vor.

9.2 Sicherheitstechnische Grundlagen

In diesem Abschnitt wollen wir uns zunächst auf die informationstechnischen Aspekte der Systemsicherheit konzentrieren. Generell muss vorausgeschickt werden, dass *absolute Sicherheit praktisch nicht realisierbar* ist. Diese Sicherheit könnte vielleicht erreicht werden, wenn die Daten und Rechner in einem „Hochsicherheitstrakt“ unter Verschluss gehalten und jede Kommunikation zu den Systemen unterbunden würde. Im praktischen Anwendungsfall ist dies allerdings nicht realistisch, da in einem operativen System schutzwürdige Daten häufig permanent in Gebrauch und somit einer Vielzahl von potenziellen Bedrohungen ausgesetzt sind.

Bis zu einem gewissen Grad existiert ein *Zielerreichungskonflikt* (engl.: trade-off) *zwischen der Verwendbarkeit eines Systems und seiner Sicherheit*. Es muss daher individuell für jedes System das geeignete Maß an finanziell und zeitlich realisierbaren Sicherheitsmaßnahmen gefunden werden. Des Weiteren kann ein System nach der einmaligen Einführung und Installation eines Sicherheitssystems nicht als „für alle Zeit sicher“ betrachtet werden. Vielmehr muss das Sicherheitssystem permanent gepflegt und verbessert werden. Hierzu trägt zum Beispiel der Umstand bei, dass Rechte für Benutzer vergeben, regelmäßig an sich ändernde Aufgabenprofile angepasst und bei deren Ausscheiden wieder zurückgenommen werden müssen. Dies lässt sich pointiert mit der Formulierung „Sicherheit ist kein Zustand, sondern ein Prozess“ zum Ausdruck bringen.

9.2.1 Sicherheitsziele

In diesem Abschnitt werden die wichtigsten informationstechnischen Sicherheitsziele vorgestellt. Die Funktion der betreffenden Ziele wird jeweils kurz erläutert und in ein Schema von Basiszielen und höheren Zielen eingeordnet (siehe Abb. 9.2). Zu den Basiszielen zählen Ziele zur Sicherung der Vertraulichkeit, Integrität, Authentifikation und Verfügbarkeit. Diese Ziele werden durch Dienste in einem Informationssystem realisiert.

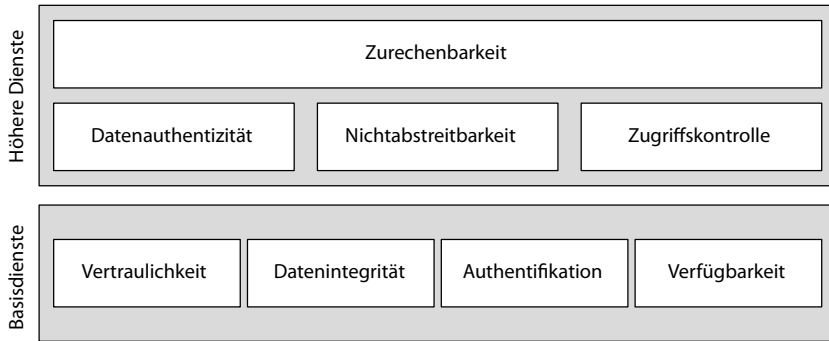


Abb. 9.2: Schema für informationstechnische Sicherheitsziele



Unter dem Ziel der **Vertraulichkeit** (engl.: confidentiality) versteht man das Bestreben, geheime Information für unberechtigte Dritte unzugänglich zu halten.

Eine Möglichkeit, die Vertraulichkeit von Meldungen (wie zum Beispiel einer E-Mail) bei der Übertragung über ein Kommunikationsmedium zu gewährleisten, ist, diese zu verschlüsseln. Niemand, der in den Besitz der verschlüsselten Meldung gelangt, kann diese ohne Kenntnis des zugehörigen Schlüssels entziffern. In einem späteren Abschnitt werden verschiedene Verschlüsselungstechniken (*kryptografische Verfahren*) vorgestellt. Eine andere Möglichkeit zur Gewährleistung der Vertraulichkeit ohne Verschlüsselung der Daten ist die Zugriffskontrolle, bei der ein vertrauenswürdiges Programmsystem nur berechtigten Benutzern Zugriff gewährt. Ein Vorteil der Verschlüsselung ist, dass diese auch in nicht vertrauenswürdigen Umgebungen (beispielsweise im Internet) Vertraulichkeit herstellen kann.



Eine Bedrohung des Sicherheitsziels der Vertraulichkeit ist die **nicht intendierte Informationsweitergabe** oder der **Datendiebstahl** (engl.: data breach). Oft wird mittels gezielter Angriffe auf an sich geschützte Information zugegriffen, die in weiterer Folge kopiert oder offen gelegt wird. Diese Informationsoffenlegung kann sowohl von unautorisierten Personen mittels Ausnutzung einer Sicherheitslücke des Rechners erfolgen, als auch durch an sich *berechtigte Personen innerhalb des Betriebs* (engl.: insider), die diese Daten beabsichtigt oder nicht beabsichtigt zugreifbar machen.

Neben der vertraulichen Auslieferung einer Nachricht sollten der Kommunikationsakt selbst sowie das durch die Übertragung verursachte Datenaufkommen ebenfalls als vertrauliche Information behandelt werden. Andernfalls ermöglichen diese *verdeckten Kanäle* (engl.: covert channel) unter Umständen Rückschlüsse auf die versendeten Daten oder die Beziehungen zwischen zwei oder mehreren Personen.

Unter dem Ziel der **Datenintegrität** (Unverändertheit, kurz: Integrität; engl.: data integrity) versteht man das Bestreben, die Unverändertheit von Daten (im „Originalzustand“) nachzuweisen.



Durch Techniken zur Sicherung der Datenintegrität soll erkannt werden, ob eine absichtliche oder unabsichtliche *Veränderung der Daten* (zum Beispiel einer Datei oder einer Meldung) durchgeführt wurde, wie zum Beispiel das Einfügen, Verändern oder Löschen von Zeichen. Unabsichtliche Veränderungen können durch Übertragungsfehler oder durch fehlerhafte Speichermedien auftreten.

Eine Bedrohung des Sicherheitsziels der Datenintegrität ist die bewusste Änderung von Dokumenten oder Datenblöcken, die beispielsweise über ein Rechnernetz transportiert werden, durch einen Angreifer.

Die Datenintegrität beinhaltet nur Maßnahmen zum Erkennen von Veränderungen, nicht unbedingt zu deren Verhinderung. Um Integrität zu gewährleisten, werden sogenannte *Prüfsummen* (engl.: checksum, message digest) ermittelt, die getrennt von den Daten gehalten (oder übermittelt) werden. Diese Prüfsummen haben die Eigenschaft, dass jede noch so kleine Änderung am Datenbestand zu einer abweichenden Prüfsumme führen soll. Die Bezeichnung *Prüfsumme* hat historischen Charakter. Die Ermittlung heute gängiger Prüfsummen ist weit komplexer als eine einfache Addition. Verfahren zur Ermittlung dieser Prüfsummen werden im Abschnitt 9.2.2 vorgestellt. Soll beispielsweise die Integrität einer übertragenen Meldung beim Empfänger überprüft werden, wird dort die Prüfsumme erneut aus der Meldung berechnet und mit der ursprünglichen Prüfsumme verglichen. Stimmen diese beiden überein, so kann davon ausgegangen werden, dass die Meldung unverändert übertragen wurde.

Wenn ein Benutzer zum Beispiel über das Internet eine Warenbestellung vornimmt, sollte sichergestellt werden, dass die übermittelte Information auf dem Übertragungsweg nicht verändert wird, damit wichtige Felder wie die Artikelnummer oder die Bestellmenge korrekt übertragen werden. Hierzu kann nach dem oben beschriebenen Vorgehen eine Prüfsumme für das zugehörige Bestellformular berechnet werden, um die Erkennung etwaiger Fehler zu ermöglichen.



Unter der **Authentifikation** (engl.: authentication) versteht man die nachweisliche Identifikation eines Benutzers oder eines Kommunikationspartners (beispielsweise eines softwarebasierten Diensts).



Die Benutzerauthentifikation ist ein zentraler Basisdienst eines Sicherheitssystems. Sie stellt fest, ob ein Benutzer (oder Kommunikationspartner) auch wirk-

lich die Person ist, für die er sich ausgibt. Dieser Dienst ist auch deshalb besonders wichtig, weil innerhalb eines Informationssystems generell Rechte an die Identität einer Person gebunden werden.

Die *Identifikation von Benutzern* erfolgt bei der Anmeldung auf einem Rechner und kann durch unterschiedliche Methoden wie Kennwörter, biometrische Verfahren wie Fingerabdrücke oder durch eine Kombination von mehreren Methoden erfolgen. Wir werden auf diese Methoden später noch genauer eingehen. In jedem Fall muss die Anmeldeinformation auf dem Rechner, der die Anmeldung überprüft, in digitaler Form vorliegen.



Eine Bedrohung des Sicherheitsziels der Authentifikation ist der **Identitätsdiebstahl** (engl.: identity theft), bei dem sich ein Angreifer die **Anmeldeinformation** (engl.: credentials) der attackierten Person verschafft und sich als diese ausgibt.

Ein Angreifer kann sich die Anmeldeinformation über einen Angriff auf einen Rechner verschaffen, besonders wenn sie auf jenem Rechner in unverschlüsselter Form vorliegt. Ein weiteres häufiges Angriffsszenario für Identitätsdiebstahl ist „Phishing“. Phishing ist ein Kunstwort, das sich auf die englischsprachigen Begriffe „password“ und „fishing“ bezieht. Unter *Phishing* (engl.: phishing) versteht man ein Angriffsszenario, bei dem ein Angreifer der attackierten Person gefälschte Information in der Form von E-Mails, Webseiten oder Kurznachrichten präsentiert, die das Opfer auffordern, Anmeldeinformation, Kreditkartennummern oder Zugriffscode „zur Sicherheit nochmals zu bestätigen“.



Durch Phishing werden beispielsweise Benutzer auf eine Website gelockt, die ähnlich der Website einer Bank ist, und dort aufgefordert, ihre PIN und TANs einzugeben. Diese Angaben werden vom Betreiber der Website gesammelt, um später missbräuchlich benutzt zu werden.

Besonders häufig erfolgt Phishing, um Zugangsinformation für Informationssysteme von Finanzdienstleistern zu erlangen, da der Angreifer sich mit dieser Information gegenüber dem Finanzdienstleister als das Opfer ausgeben kann.



Die Schätzungen über die Zahl der Phishing-Websites und der jährlich gestohlenen Identitäten gehen weit auseinander. Der verlässlich erscheinenden Anti-Phishing Working Group (APWG) werden von Anwendern pro Monat weltweit 60.000–90.000 Angriffe (Kampagnen) von Phishing-Websites gemeldet. Pro Monat werden im Durchschnitt rund 60.000 Phishing-Websites entdeckt. Die Mehrzahl der Phishing-Angriffe kommt aus China.

Unter dem Ziel der **Verfügbarkeit** (engl.: availability) eines Informationssystems versteht man das Bestreben, dass Dienste, die einem berechtigten Benutzer von einem Informationssystem angeboten werden, diesem auch stets zur Verfügung stehen. Es soll insbesondere verhindert werden, dass Dienste aller Art durch eine übermäßige Beanspruchung blockiert werden können.



In Rechnernetzen stellen sogenannte *Denial-of-Service-Angriffe* (engl.: DoS attack) eine besondere Bedrohung für die Verfügbarkeit dar. Bei dieser Art von Angriff wird versucht, den Zugriff berechtigter Benutzer auf das Informationssystem einzuschränken oder sogar vollständig zu verhindern. Bei einer Form dieses Angriffs wird der angegriffene Rechner von dem Angreifer mit einer großen Anzahl von (gültigen oder ungültigen) Anfragen überflutet (engl.: flooding attack), wodurch sich die Antwortzeiten dieses Rechners so stark verschlechtern, dass dieser für berechtigte Benutzer unbenutzbar wird. Dieser Angriff kann abgewehrt werden, indem man von einem einzelnen Rechner nur beschränkt viele Anfragen zulässt.

Eine spezielle Variante dieses Angriffs ist der *verteilte Denial-of-Service-Angriff* (engl.: distributed denial of service attack; abgekürzt: DDoS), bei dem ein Angreifer über eine Vielzahl (oft Tausende) von Rechnern einen Überflutungsangriff auf einen bestimmten Rechner durchführt. In dieser Variante ist es beispielsweise nicht möglich, als Gegenmaßnahme Anfragen von einem Rechner zu blockieren.

Bereits im Jahr 2000 wurden in einem groß angelegten DDoS-Angriff zahlreiche Internet-Portale von E-Commerce-Unternehmen wie beispielsweise Amazon, eBay und Yahoo! für einige Stunden unbenutzbar gemacht. Seitdem ist die Zahl der DDoS-Angriffe laufend gestiegen. Laut Cisco ist 2020 mit 17 Millionen DDoS-Angriffen weltweit zu rechnen. Verisign schätzt die Zahl der jährlichen DDoS-Angriffe sogar drei Mal so hoch ein. Neben der Störung des normalen Geschäftsverkehrs sind solche Angriffe auch sehr nachteilig für die Reputation der betroffenen Unternehmen. Für ein Unternehmen, das sein gesamtes Geschäft über ein Internet-Portal abwickelt, kann sich ein solcher Angriff gar zu einer Existenzgefährdung erwachsen.



Typischerweise werden DDoS-Angriffe über ein *Botnetz* durchgeführt, das eine Vielzahl von privaten und betrieblichen Rechnern umfasst. Diese Rechner (engl.: bot; Abkürzung von engl.: robot) werden meist mittels Schadprogrammen von einem Angreifer unter seine Kontrolle gebracht und dann für seine Zwecke missbraucht. Ein Angreifer kann auf diese Weise quasi ferngesteuert Zielsysteme attackieren und so einen DDoS-Angriff durchführen.



Unter einem **Botnetz** (engl.: botnet) versteht man eine Vielzahl von Rechnern, die mittels Schadprogrammen unter die Kontrolle eines Angreifers gelangen, der diese Rechner ohne Wissen der Besitzer für unterschiedliche Typen von Aufgaben missbrauchen kann.

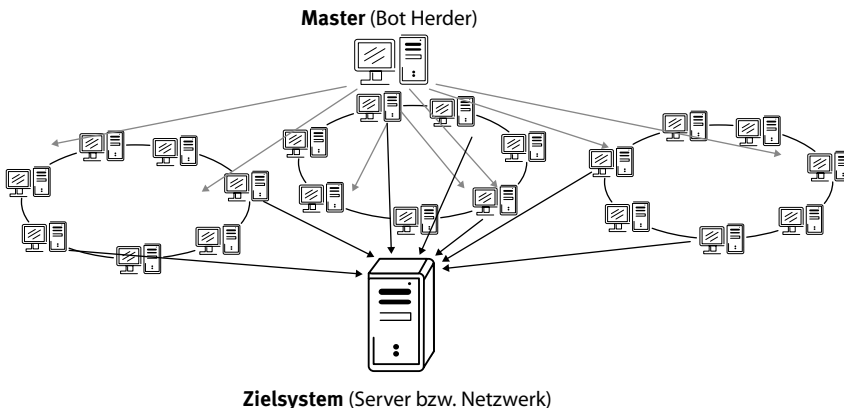


Abb. 9.3: Struktur eines Botnetzes



Ein Aufsehen erregendes Beispiel war das Botnetz *Mariposa*, das im Jahr 2010 von spanischen Behörden aufgedeckt und geschlossen wurde. Dieses Botnetz umfasste mehr als 12 Millionen Rechner in mehr als 190 Ländern. Zu den befallenen Rechnern gehörten Rechner von etwa der Hälfte der 1.000 größten Unternehmen der USA (It. US Fortune).

Das Botnetz *Mirai* (2016) wurde entdeckt, als es über 800.000 Rechner umfasste. Das Besondere an Mirai war, dass es vor allem aus Geräten in privaten Haushalten bestand (beispielsweise WLAN-Zugangspunkte und Internet-Router, IP-Kameras und Smart-TV-Geräte). Über das Botnetz wurde die Netzwerkinfrastruktur von Twitter, Netflix, PayPal und Spotify vor allem in den USA für einen Tag außer Kraft gesetzt. Zusätzlich wurde die Online-Anbindung des gesamten Staats Nigeria massiv beeinträchtigt.

Als weitere Form von DoS-Angriffen treten neben den Überflutungsangriffen auch Angriffe auf, die gezielt versuchen, am angegriffenen Rechner eine Ressourcenknappheit herzustellen. So kann beispielsweise versucht werden, Internet-Verbindungen zu einem Rechner möglichst lange zu blockieren, sodass dem Rechner letztendlich die Zahl der verfügbaren Verbindungen ausgeht. Ein Beispiel hierfür ist der *Slow-Read-Angriff* (engl.: slow read attack), bei dem ein Angreifer Anfragen in korrekter, aber extrem langsamer Form überträgt. Dadurch werden beschränkte Ressourcen (unter anderem Kommunikationsverbindungen) lange Zeit belegt und können zum Engpass werden.



Wird beispielsweise eine Webseite, die normalerweise in wenigen Millisekunden übertragen werden kann, so langsam gelesen, dass die Übertragung eine Stunde lang dauert, so

wird dadurch bei standardmäßigen Webservern eine Verbindung eine Stunde lang belegt. Da jeder Webserver nur eine beschränkte Zahl von gleichzeitigen Übertragungen zulässt (beispielsweise 200), kann bereits durch wenige (hier: 200) langsame Anfragen der gesamte Webserver lahmgelegt werden.

Auf den erwähnten Basiszielen bauen die folgenden *höheren Ziele* auf: Datenauthentizität, Zugriffskontrolle, Nichtabstreitbarkeit, Zurechenbarkeit und Schutz der Privatsphäre. Hierbei stellen die Dienste zur Erreichung der Basisziele eine grundlegende Funktionalität zur Verfügung, auf welcher die höheren Dienste aufsetzen.

Unter **Datenauthentizität** (engl.: data authenticity) versteht man die nachweisliche Identifikation von Information (zum Beispiel Meldungen oder Dateien). Hierzu zählt sowohl der Beweis der Integrität der Daten als auch der Beweis ihrer Herkunft.



Um die *Datenauthentizität* gewährleisten zu können, werden in der Regel Verfahren angewendet, die Prüfsummen und Verschlüsselungsverfahren miteinander kombinieren. Ein Beispiel für solche Verfahren sind *digitale Signaturen*, auch elektronische Unterschriften genannt, die in einem späteren Abschnitt noch genauer beschrieben werden.

Ein weiterer höherer Dienst, der vor allem bei Geschäftstransaktionen über das Internet sehr wichtig ist, ist die *Nichtabstreitbarkeit*.

Unter dem Begriff **Nichtabstreitbarkeit** (engl.: non-repudiation) versteht man Maßnahmen, die gewährleisten, dass ein Absender das Versenden einer Meldung ebenso wenig abstreiten kann wie ein Empfänger deren Erhalt.



Das Ziel der Nichtabstreitbarkeit ist die Kennzeichnung von wichtigen Nachrichten in einer Form, dass *der Empfang beziehungsweise das Absenden eindeutig belegbar* sind. Eine versendete Nachricht kann zu diesem Zweck zum Beispiel mit einer digitalen Signatur versehen werden. Um den Erhalt einer Nachricht nicht abstreiten zu können, besteht beispielsweise die Möglichkeit, direkt nach dem Empfang (automatisch) eine digital signierte „Quittung“ zurück an den Absender zu schicken. Die Nichtabstreitbarkeit muss nur für ausgewählte Nachrichten, wie zum Beispiel Kaufverträge oder Banktransaktionen, erfüllt sein. Daher ist es sinnvoll, diesen Dienst auf der Anwendungsebene zu realisieren, wo jeweils einzeln entschieden werden kann, für welche Nachrichten Nichtabstreitbarkeit gewährleistet sein muss.



Die **Zugriffskontrolle** (engl.: access control) ist ein höherer Dienst zur Erreichung von Informationssicherheit, der auf der korrekten Authentifikation von Benutzern (und Programmen) aufbaut. Die Zugriffskontrolle befasst sich mit der Autorisierung von Zugriffen, um jedem Benutzer ausschließlich die Aktionen zu erlauben, zu denen er berechtigt ist.

Unter einem Zugriff versteht man einen Vorgang, bei dem eine Person (ein Subjekt) eine Operation auf einem Objekt ausführen möchte. Dementsprechend beinhaltet ein *Zugriffsrecht* (engl.: permission) die Erlaubnis für ein Subjekt, mit einer bestimmten Operation auf ein Objekt zuzugreifen. Einige Zugriffskontrollmodelle erlauben zudem die Formulierung negativer Zugriffsrechte, welche einem expliziten Verbot entsprechen.



Die **Zurechenbarkeit** (engl.: accountability) ist ein höherer Dienst, der eine funktionsfähige Zugriffskontrolle sowie die Nichtabstreitbarkeit voraussetzt. Durch diesen Dienst wird protokolliert, welche Benutzer welche Systemressourcen in Anspruch genommen haben.

Bei der Zurechenbarkeit werden sowohl Zeitpunkt und Dauer der Nutzung, als auch die Menge der verwendeten Ressourcen aufgezeichnet. Auf diese Weise kann jede Aktion anschließend eindeutig einem Benutzer zugeordnet werden. Die Zurechenbarkeit ist ein wichtiges Instrument, um beispielsweise digitale Güter oder Dienste (zum Beispiel Anwendungen, wie ein ERP-System) in kommerzieller Form über das Internet anzubieten (engl.: application service provision).



Der **Schutz der Privatsphäre** (engl.: privacy) ist ein höheres Ziel, wobei angestrebt wird, dass jede Person bestimmen kann, was mit ihren personenbezogenen Daten geschehen darf.

Dies ist ein sehr komplexes und schlecht greifbares Sicherheitsziel mit hohem ethischen Anteil. Es kann durch juristische Maßnahmen (Datenschutzgesetze) und durch eine Kombination technischer Maßnahmen angestrebt werden, die entweder die Identität des Benutzers verheimlichen oder die Information über den Benutzer vertraulich behandeln. Damit steht das Ziel in teilweisem Widerspruch zu dem Ziel der Authentifikation. Mehr über den Schutz der Privatsphäre lesen Sie später im Abschnitt 9.5.

9.2.2 Verfahren zur Integrität

Um die Integrität von Daten garantieren zu können, wird ein Verfahren benötigt, das es ermöglicht, für eine beliebig lange Zeichenfolge festzustellen, ob diese in unveränderter Form vorliegt. Eine Technik, die diese Anforderung

erfüllt, ist die *kryptografische Hash-Funktion*, durch die für eine Zeichenfolge ein eindeutiger Hash-Wert errechnet werden kann.

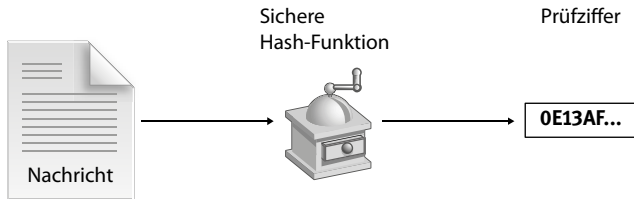


Abb. 9.4: Berechnung einer kryptografischen Prüfsumme

Hash-Funktionen (engl.: hash function) generieren aus beliebig vielen Daten einen wesentlich kürzeren (meist von 128 bis 512 Bit) und eindeutigen Wert (Hash-Wert, Prüfsumme). Hash-Funktionen sind nicht umkehrbar, das heißt, der erzeugte Hash-Wert lässt keine Rückschlüsse auf die ursprünglichen Daten zu. Falls es nicht oder nur sehr schwer möglich ist, zwei Nachrichten mit derselben Prüfsumme zu generieren, handelt es sich um eine **sichere Hash-Funktion** (engl.: secure hash function). Eine Prüfsumme, die durch eine sichere Hash-Funktion generiert wurde, wird auch als *digitaler Fingerabdruck* (engl.: message digest, message authentication code, Abkürzung: MAC) bezeichnet. Ein **HMAC** (Abkürzung von engl.: keyed-hash message authentication code) ist eine kryptografische Prüfsumme, die zusätzlich durch einen geheimen Schlüssel abgesichert wird.

Unter Verwendung einer sicheren Hash-Funktion wird eine Prüfsumme für eine beliebig lange Nachricht erzeugt. Bereits die kleinste Änderung des Dokuments führt zu einem völlig unterschiedlichen Wert. Die bekanntesten sicheren Hash-Funktionen sind SHA (Abkürzung von engl.: secure hash algorithm, Varianten *SHA1*, *SHA2* und *SHA3*, 160 bis 512 Bit), *MD5* (Abkürzung von engl.: message digest 5, 128 Bit) und *RIPEMD160* (160 Bit). Die Algorithmen MD5 und SHA1 sollten seit 2010 nicht mehr für sicherheitssensitive Anwendungen verwendet werden.

Das digitale Währungssystem *Bitcoin* verwendet bei der Erzeugung von Bitcoin-Adressen eine Kombination von SHA2-256 und RIPEMD160.

Weitere Anwendungen sicherer Hash-Funktionen neben der Datenintegrität sind die *Prüfung* von Kennwörtern (anstelle der Übermittlung von Kennwörtern können deren Prüfsummen übermittelt oder gespeichert werden), der *Nachweis von erfolgten Leistungen* (engl.: proof of work), die Identifikation von Versionen (beispielsweise in Versionsmanagementsystemen für die Softwareentwicklung wie *Git* oder *Mercurial*) oder die *Absicherung von Transaktionen*. Wir gehen auf den letztgenannten Punkt etwas später im Zusammenhang mit der Blockchain ein.

9.2.3 Verfahren zur Authentifikation

Um einem Benutzer bestimmte Aktionen innerhalb eines Informationssystems erlauben zu können, muss zunächst seine Identität festgestellt werden.

Wie bereits definiert, versteht man unter *Authentifikation* (engl.: authentication) ein Verfahren zur Prüfung der Identität eines Benutzers. Um einen Benutzer zu authentifizieren, kommen im Wesentlichen drei Vorgehensweisen in Betracht:

- *Kenntnis eines Geheimnisses*: Hierbei wird überprüft, ob der Benutzer ein bestimmtes, zuvor vereinbartes Geheimnis kennt. Es wird davon ausgegangen, dass nur berechnigte Personen Kenntnis dieses Geheimnisses haben, und dass das Geheimnis nicht an Unberechnigte weitergegeben wird.

Ein sehr verbreitetes Verfahren zur Authentifikation, das auf Kenntnis eines Geheimnisses beruht, ist das *Kennwort* (engl.: password). Ein Kennwort ist zum Beispiel eine Kombination aus Klein- und Großbuchstaben, Ziffern und Sonderzeichen, die nur einem Benutzer bekannt sein sollte. Das Kennwort ist somit das Geheimnis des Benutzers und verschafft ihm Zugang zu einem System. Dieses Geheimnis sollte nicht von Dritten erraten oder von Rechnern algorithmisch ermittelt werden können. Als Kennwort sollte also kein Begriff gewählt werden, der in einem Wörterbuch steht, da solche Wörter bei einem Einbruchsversuch besonders leicht automatisch geprüft werden können. Weiterhin sollte ein Kennwort möglichst auch nicht aus einer (offensichtlichen) Kombination von Namen und Geburtsdaten aus dem Umfeld des Benutzers bestehen, da diese ebenfalls relativ leicht zu erraten sind, sondern besser aus einer für Dritte möglichst sinnlosen Folge von Zeichen.



Ein **Einmalkennwort** (engl.: one time password, abgekürzt: OTP) ist ein Kennwort, das für eine einmalige Verwendung bestimmt ist und meist eine sehr kurze Gültigkeitsdauer hat. Dadurch werden manche Angriffe wie Mithören und Wiederholungen des Kommunikationsverkehrs verhindert. Jeder Authentifizierungsversuch verlangt ein neues Einmalkennwort.



TAN-Listen beim Online-Banking sind eine Form der Nutzung von Einmalkennwörtern.

- *Besitz eines bestimmten Gegenstands*: Bei dieser Form der Authentifikation wird geprüft, ob der Benutzer im Besitz eines bestimmten Gegenstands ist, der ihn gegenüber dem System identifiziert. Dieser Gegenstand kann auch ein digitales Dokument sein. Bei diesem Ansatz wird davon ausgegangen,

dass nur berechnigte Benutzer im Besitz eines solchen Gegenstands sind und ihn nicht an Unberechnigte weitergeben. Zudem muss es mit relativ großem Aufwand verbunden sein, ein Duplikat herzustellen.

Ein Beispiel für ein solches Authentifizierungsverfahren sind *Chipkarten*, wie sie von Banken eingesetzt werden, um ihren Mitarbeitern den Zugang zu bestimmten Rechnern zu gewähren. Hierbei werden die einzelnen Rechner mit einem Kartenleser ausgestattet. Die Benutzung dieser Rechner ist nur möglich, wenn zuvor eine gültige Chipkarte in den Kartenleser eingesteckt wurde.

B

- *Körperliche Merkmale*: Hierbei werden bestimmte, nicht (beziehungsweise kaum) veränderliche und schwer nachzubildende körperliche Merkmale eines Benutzers mit den zuvor gespeicherten Originaldaten verglichen, die bei einer Vermessung erhoben worden sind. Derartige Verfahren werden als *biometrische Authentifikationsverfahren* bezeichnet. Unter *Biometrie* versteht man die Vermessung von Lebewesen mit deren Eigenschaften. Ziel ist die automatisierte Messung von individuellen Merkmalen einer Person, um diese von anderen zu unterscheiden. Diese vermessenen Merkmale müssen bei jedem Menschen vorhanden sein (*Universalität*), sie müssen bei allen Menschen verschieden sein (*Einzigartigkeit*), sie müssen über die Zeit unverändert bleiben (*Beständigkeit*) und sie müssen mit *technisch möglichst geringem Aufwand* hinreichend exakt gemessen werden können. Zusätzlich sollen diese Merkmale nicht leicht technisch reproduziert werden können. Geeignete Merkmale sind zum Beispiel Fingerabdrücke (gemessen werden die Verzweigungs- und Endpunkte der Fingerlinien oder „Minuzien“), die Iris (Regenbogenhaut) des Auges, wobei das Muster um die Pupille vermessen wird, oder die Retina, bei der das Muster der Blutgefäße im Hintergrund der Augen vermessen wird. Andere Verfahren basieren auf Stimmenanalyse (leicht reproduzierbar) oder Gesichtserkennung (Vermessung der Position von Augen, Nase, Mund und Kinn).

Überlegen Sie sich, wie sicher die Identifikation eines Benutzers mittels Fingerabdruckleser auf einem Mobiltelefon ist, das mit Fingerabdrücken des Besitzers übersät ist!

B

Die drei soeben genannten Vorgehensweisen schließen sich nicht gegenseitig aus und können ergänzend eingesetzt werden.



Abb. 9.5: Smartphone mit Fingerabdruckleser

B

Eine häufig verwendete Möglichkeit besteht zum Beispiel in der *Kombination von Chipkarte und Kennwort (PIN)*, wie derzeit bei den meisten Geldausgabeautomaten üblich.

!

Man spricht von **Multifaktorauthentifizierung** (engl.: multi-factor authentication, abgekürzt: MFA), wenn die Identität einer Person auf Basis von mehreren getrennten Authentifizierungsverfahren geprüft wird. Hierbei sollen möglichst unterschiedliche Kommunikationskanäle genutzt werden. Eine spezielle Form ist die **Zweifaktorauthentifizierung** (engl.: two-factor authentication, abgekürzt: 2FA), bei der zwei Authentifizierungsverfahren kombiniert werden.

B

Auf E-Commerce-Webangeboten wie *Amazon* sind Benutzer die meiste Zeit angemeldet. Manche Operationen sind allerdings sensitiver als andere, wie der Abschluss eines Kaufvertrags. Amazon erlaubt es, bei Bedarf für solche Zwecke die Zweifaktorauthentifizierung zu aktivieren. Hierfür muss bei Amazon eine Mobilfunknummer hinterlegt werden, die für den zweiten Kanal genutzt wird. Bei Abschluss eines Kaufs wird an die Mobilfunknummer ein *Einmalkennwort* geschickt, das dann über die Webschnittstelle eingegeben werden muss.

9.2.4 Verfahren zur Vertraulichkeit

Kryptografie ist die Lehre, die sich mit der Verschlüsselung von Information befasst. Der Teilbereich der Kryptografie, der sich mit der Analyse von verschlüsselter Information beschäftigt, wird *Kryptoanalyse* genannt.

Durch **Verschlüsselung** (engl.: encryption) wird eine im Klartext vorliegende Information nach einer bestimmten Methode und unter der Einbeziehung eines *Schlüssels* in eine scheinbar sinnlose Zeichenfolge umgewandelt. Die resultierende Zeichenfolge kann durch Anwendung des richtigen Schlüssels wiederum in den Klartext zurückverwandelt werden.



Eine sehr *einfache Geheimschrift* kann zum Beispiel definiert werden, indem jedes Zeichen eines Zeichenvorrats einem anderen Zeichen desselben Zeichenvorrats zugeordnet wird. Zum Beispiel $A \rightarrow Z$, $B \rightarrow Y$ usw. Die Zuordnung bildet den Schlüssel und wird vom Sender zum Verschlüsseln und vom Empfänger zum Entschlüsseln (engl.: decryption) verwendet. Ein solches Verfahren ist aber relativ leicht zu analysieren und liefert somit keinen sicheren Schutz für die chiffrierte Information. Aus diesem Grund wurden *komplexe mathematische Methoden* entwickelt, die sehr schwer zu analysieren sind. Bei einer ausreichenden Schlüssellänge sind die verschlüsselten Texte, die diese Verfahren liefern, so gut geschützt, dass ein simples Ausprobieren aller möglichen Schlüssel selbst mit den leistungsfähigsten Rechnerclustern eine sehr große Zeitspanne in Anspruch nähme (zum Beispiel eine theoretische Rechenzeit größer als eine Million Jahre).

Die Entwickler von Verschlüsselungsprogrammen sind (mit Ausnahme von Geheimdiensten) in den letzten Jahren dazu übergegangen, die verwendeten Algorithmen zu veröffentlichen. Dadurch soll die Stärke der einzelnen Verfahren einer öffentlichen Prüfung unterworfen werden. Bei der Verwendung dieser Algorithmen beruht der Schutz der Information somit allein auf der *Geheimhaltung des Schlüssels*, mit dessen Hilfe die jeweilige Information verschlüsselt wurde. Bei der Verwendung solcher Schlüssel unterscheidet man zwischen symmetrischen und asymmetrischen Kryptografieverfahren.

Bei *symmetrischen Verschlüsselungsverfahren* – wie zum Beispiel *DES* (Abkürzung von engl.: data encryption standard), *AES* (Abkürzung von engl.: advanced encryption standard), *IDEA* (Abkürzung von engl.: international data encryption algorithm), *STEALTH*, *Blowfish* – erfolgt die Ver- und die Entschlüsselung mit demselben (geheimen) Schlüssel. Ein typisches Anwendungsgebiet ist die vertrauliche Speicherung oder Übertragung der Daten eines Benutzers oder gemeinsam genutzter Daten einer Benutzergruppe. Problematisch wird der Einsatz symmetrischer Verfahren, wenn in einem Rechnernetz viele verschiede-

ne Teilnehmer vertraulich miteinander kommunizieren wollen. Bei Verwendung symmetrischer Kryptografie müssten sie hierzu jeweils paarweise einen geheimen Schlüssel vereinbaren, der zudem noch sicher zwischen den Kommunikationspartnern übertragen werden müsste.

B

Wenn man davon ausgeht, dass in einem Netz mit 1.000 Teilnehmern jeder einzelne mit jedem anderen vertraulich kommunizieren können soll, so würde dafür eine Menge von fast 500.000 Schlüsseln (genau $(n \times (n-1)/2)$ für $n=1.000$) benötigt (bei Verwendung eines symmetrischen Verfahrens, wobei für jeden Kommunikationskanal mit zwei Teilnehmern ein Schlüssel benötigt wird). Neben der schieren Menge von Schlüsseln wäre hiermit ein sehr großer Verwaltungsaufwand verbunden.

Um dieses Problem zu lösen, kommen *asymmetrische Verschlüsselungsverfahren* – wie zum Beispiel das *RSA-Verfahren* (benannt nach den Entwicklern Rivest, Shamir und Adleman), *DSS* (Abkürzung von engl.: digital signature standard), oder Verfahren auf Basis von *elliptischen Kurven* (engl.: elliptic curves, abgekürzt: EC) – zur Anwendung.

!

Die **asymmetrische Kryptografie** (engl.: public key cryptography) verwendet Verschlüsselungsverfahren, die auf dem Einsatz von *Schlüsselpaaren* beruhen. Ein Schlüsselpaar besteht aus einem **geheimen Schlüssel** (privater Schlüssel, engl.: private key) und einem **öffentlichen Schlüssel** (engl.: public key). Eine Meldung, die mit einem der beiden Schlüssel verschlüsselt wurde, kann nur mit dem jeweils anderen Schlüssel wiederum entschlüsselt werden.

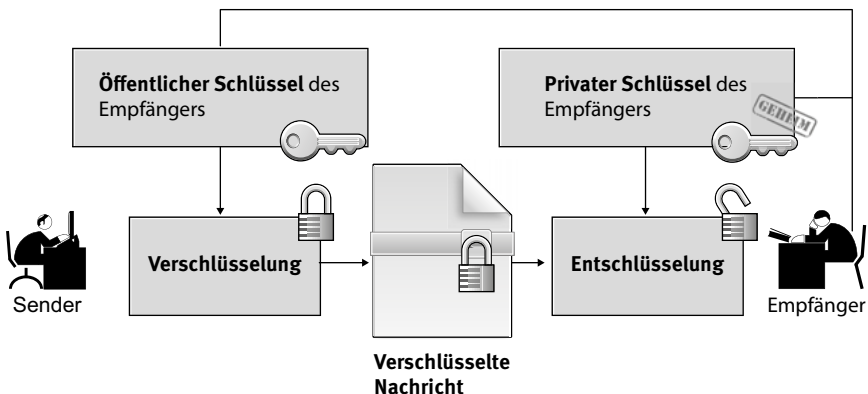


Abb. 9.6: Verschlüsselung mittels asymmetrischer Kryptografieverfahren

Die Eigenschaft, dass eine mit einem der beiden Schlüssel codierte Information nur mit dem passenden Gegenstück wiederum decodiert werden kann, findet unterschiedliche Anwendungen:

- Der öffentliche Schlüssel einer Person kann verwendet werden, *um eine Nachricht an genau diese Person zu verschlüsseln*. Derart verschlüsselte Nachrichten können nur mit dem zugehörigen *privaten Schlüssel* (und somit nur vom Besitzer des geheimen Schlüssels) wieder decodiert werden. Der Besitz des öffentlichen Schlüssels einer Person ermöglicht daher lediglich *das Versenden einer verschlüsselten Nachricht* an diese Person. Mithilfe des *öffentlichen Schlüssels* kann diese Nachricht jedoch nicht wieder in den Klartext zurück verwandelt werden.
- Eine Person kann den privaten Schlüssel verwenden, um die *eigene Authentizität zu gewährleisten*. Wird eine Nachricht mit dem privaten Schlüssel codiert, so kann diese nur mit dem zugehörigen öffentlichen Schlüssel wiederum entschlüsselt werden. Da der öffentliche Schlüssel allen Partnern zugänglich gemacht wird, können diese überprüfen, ob diese Nachricht vom Besitzer des privaten Schlüssels stammt. Diese Form des Einsatzes der asymmetrischen Kryptografie findet bei der elektronischen Unterschrift Anwendung (Details folgen im nächsten Abschnitt).

Beispiel für asymmetrische Schlüssel:

Das Wort *WIRTSCHAFTSINFORMATIK* soll durch das *RSA-Verfahren*, das auf großen Primzahlen basiert, verschlüsselt werden. Zuerst werden den Buchstaben Zahlen zugeordnet: 01 für A, 02 für B,... und 26 für Z. Damit ergibt sich für das genannte Wort die folgende Darstellung:

W I R T S C H A F T S I N F O R M A T I K
23 09 18 20 19 03 08 01 06 20 19 09 14 06 15 18 13 01 20 09 11

Verschlüsselt wird nun durch eine große Zahl, die das Produkt zweier Primzahlen beziehungsweise teilerfremder Zahlen (p und q) ist. Für das Beispiel reicht $n = 2773$ ($2773 = 47 \times 59$). Ferner brauchen wir noch eine Primzahl e , die sich aus n , p , q und d berechnet. Wir bestimmen d mit 157 und berechnen e durch das Finden einer Primzahl, die folgende Gleichung löst: $1 = (d \times e) \bmod ((p-1) \times (q-1))$. In unserem Fall ist $e = 17$.

Da zwei Buchstaben höchstens die Zahl 2626 ($Z = 26$) erzeugen können und 2626 kleiner als 2773 ist, fassen wir je zwei Buchstaben als Block zusammen: 2309, 1820, ..., 1100.

Diese Blöcke werden jetzt folgendermaßen verschlüsselt: $Block_{neu} = Block_{alt}^e \bmod n$. Die Verschlüsselung von 2309 ist $1717 = 2309^{17} \bmod 2773$. Das Ergebnis sind also folgende Blöcke: 1717, 2648, 1628, ..., 0778.

Entschlüsselt wird folgendermaßen: $Block_{alt} = Block_{neu}^d \bmod n$. Auf den Wert 2309 kommt man also durch die Rechnung $1717^{157} \bmod 2773$.

Bei realer Verwendung dieses Verfahrens sind die Zahlen p , q und d geheim und lassen sich nur mit sehr hohem Aufwand aus n und e berechnen. Dazu eine Tabelle:

Stellen der Zahl	Rechenoperationen	Rechenzeit (Annahme eine Operation = 10^{-6} Sekunden)
50	$1,4 \times 10^{10}$	3,9 Stunden
70	$9,0 \times 10^{12}$	104 Tage
100	$2,3 \times 10^{15}$	74 Jahre
200	$1,2 \times 10^{23}$	$3,8 \times 10^9$ Jahre

Die Sicherheit eines kryptografischen Verfahrens hängt aber nicht nur von der Schlüssellänge ab. Da das zugrundeliegende mathematische Problem hinter der EC-Kryptografie komplexer als die Primfaktorenzerlegung bei RSA ist, kann man mit EC-Kryptografie mit kürzeren Schlüsseln eine vergleichbare Sicherheit erzielen.

Je nach verwendetem Sicherheitsprotokoll können einzelne kryptografische Verfahren vorgeschrieben werden oder zwischen den beteiligten Softwarekomponenten ausverhandelt werden. Von manchen Verfahren gibt es spezialisierte Varianten, in denen aus dem öffentlichen Schlüssel des Kommunikationspartners und dem eigenen privaten Schlüssel ein gemeinsamer geheimer Schlüssel (engl.: shared secret) ermittelt wird (siehe Abb. 9.7), der dann beispielsweise für symmetrische Kryptografie genutzt werden kann. Entsprechend gibt es auch beispielsweise bei der EC-Kryptografie getrennte Standards für die digitale Signatur (ECDSA, Abkürzung von engl.: elliptic curve digital signature algorithm) und für die Verschlüsselung (ECIES, Abkürzung von engl.: elliptic curve integrated encryption scheme).

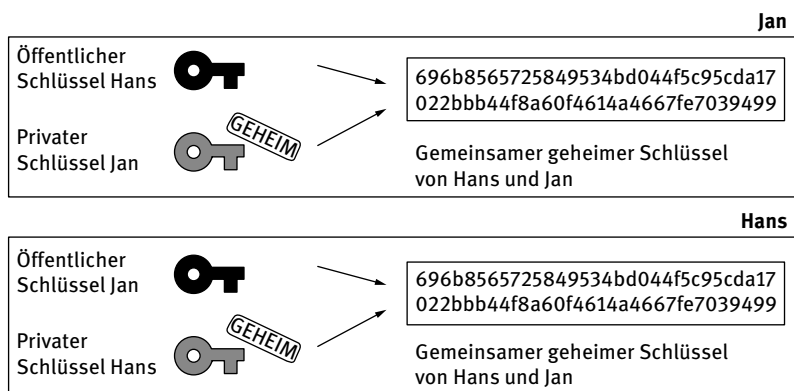


Abb. 9.7: Ableitung eines gemeinsamen geheimen Schlüssels nach Diffie, Hellman und Merkle

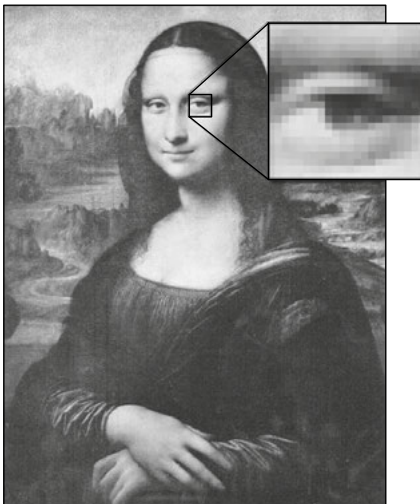
Da die asymmetrische Kryptografie auf dem öffentlichen Austausch von Schlüsseln beruht, ist sie für den Einsatz in *unsicheren Netzumgebungen* besonders geeignet. Deshalb wird diese in Kommunikationsprotokollen bei praktisch allen kommerziellen Aktivitäten im Internet genutzt.

Da beim Webprotokoll HTTP die Daten unverschlüsselt übertragen werden, sollten auf diesem Weg niemals vertrauliche Daten übermittelt werden. Beim Einsatz von HTTPS werden die Daten verschlüsselt mithilfe des Protokolls *TLS* (Abkürzung von engl.: transport layer security, früher *SSL*) übertragen. Dieses Protokoll verwendet beim Verbindungsaufbau *asymmetrische* und bei der Inhaltsübertragung aus Effizienzgründen *symmetrische Kryptografie*. B

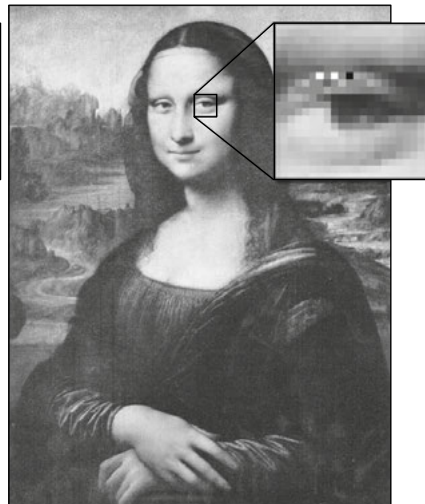
Die asymmetrische Kryptografie ist auch Grundlage für *elektronische Unterschriften* und *elektronische Ausweise*, die später noch näher behandelt werden.

Neben der Verwendung von kryptografischen Verfahren gibt es noch eine Reihe weiterer Verfahren zur vertraulichen Übermittlung von Information. Ein Beispiel hierfür ist die sogenannte *Steganografie*.

Steganografische Verfahren (engl.: steganography) ermöglichen das Verstecken von geheimer Information in Dateien mit „unverdächtigem“ Inhalt. Die zu übermittelnde geheime Information wird in einem Trägermedium (zum Beispiel in einer Bild- oder Musikdatei) versteckt. Der „Schlüssel“ zu der geheimen Information liegt in dem Wissen, wie und wo sie auf dem Trägermedium abgelegt ist. !



Ohne steganografische Information



Mit steganografischer Information

Abb. 9.8: Bild ohne und mit steganografischer Information

Das Wort „Steganografie“ stammt aus dem Griechischen und kann in etwa mit „Lehre des versteckten Schreibens“ übersetzt werden. Die Sicherheit bei der Übertragung von geheimer Information mittels Steganografie beruht somit auf der Annahme, dass ein Dritter nicht erkennen kann, dass in den Daten geheime Information versteckt ist. Entsprechende Daten (Trägerdatei mit codierter Information) sind für „jedermann“ lesbar und wecken keinerlei potenzielle Begehrlichkeiten. Geheime Information kann somit unter Verwendung von Steganografie unauffällig übertragen werden, ohne dass hierdurch die Aufmerksamkeit Dritter geweckt wird.

B

Ein Dritter kann sich ein Bild mit steganografischer Information ansehen und weiß nicht, ob und wo in diesem Bild eine geheime Information versteckt ist. Beispielsweise können unbedeutende Daten der Trägerdatei, wie das Hintergrundrauschen eines Bilds, durch die geheime Information ersetzt werden, ohne dass dies einem Betrachter auffällt. Bei heute gängigen Steganografieverfahren ist die Codierung noch weit schwerer im Trägerdokument auszumachen, als es in Abb. 9.8 angedeutet wird.

Die Steganografie ist keine Erfindung der Neuzeit, sondern in vielfältiger Form bereits seit der Antike bekannt.

B

Ein klassisches *Beispiel* sind Texte, die als Trägermedium verwendet werden, bei denen sich die geheime Information zum Beispiel aus den dreiundzwanzigsten Buchstaben jedes Absatzes zusammensetzt (beliebig komplexe Schlüssel sind hier möglich).

Ein moderner, häufiger Verwendungszweck für die Steganografie ist die *versteckte Markierung digitaler Güter mit Urheberrechtsinformation* (engl.: digital watermarking). Auf Grund von versteckt codierter Information möchte beispielsweise ein Verkäufer von digitalen Musikstücken feststellen können, ob die Person die Kopie eines Musikstücks, die sie erworben hat, an Dritte weitergegeben hat (oder im Internet veröffentlicht hat). Man kann dadurch eine Nachvollziehbarkeit der Weitergabe erreichen.

9.3 Sicherheitstechnische Anwendungen

9.3.1 Elektronische Unterschriften

Mit asymmetrischen Kryptografieverfahren können im Gegensatz zu symmetrischen Verfahren auch digitale Signaturen oder elektronische Unterschriften erzeugt werden.

Unter einer **elektronischen Unterschrift** (digitale Signatur, engl.: digital signature) versteht man einen kryptografisch geschützten Nachweis, dass ein eindeutig identifizierter Benutzer einen Datenbereich (ein digitales Dokument) unterzeichnet hat. Eine digitale Signatur ist ein mit einem privaten Signaturschlüssel erzeugtes Siegel für einen Datenbereich, das mithilfe eines zugehörigen öffentlichen Schlüssels den Inhaber und die Unverfälschtheit der Daten erkennen lässt. Für digitale Signaturen, die dem Signaturgesetz genügen, muss der öffentliche Schlüssel aus einem Zertifikat einer anerkannten Zertifizierungsstelle stammen. !

Die elektronische Unterschrift ist eine Maßnahme zur Erreichung von *Daten-authentizität*. Hierbei soll einerseits garantiert werden, dass eine Information von einer bestimmten Person stammt (Authentizität), und andererseits, dass diese Information nicht modifiziert wurde (Integrität). Die elektronische Unterschrift gilt als Beweis der Originalität eines elektronischen Dokuments.

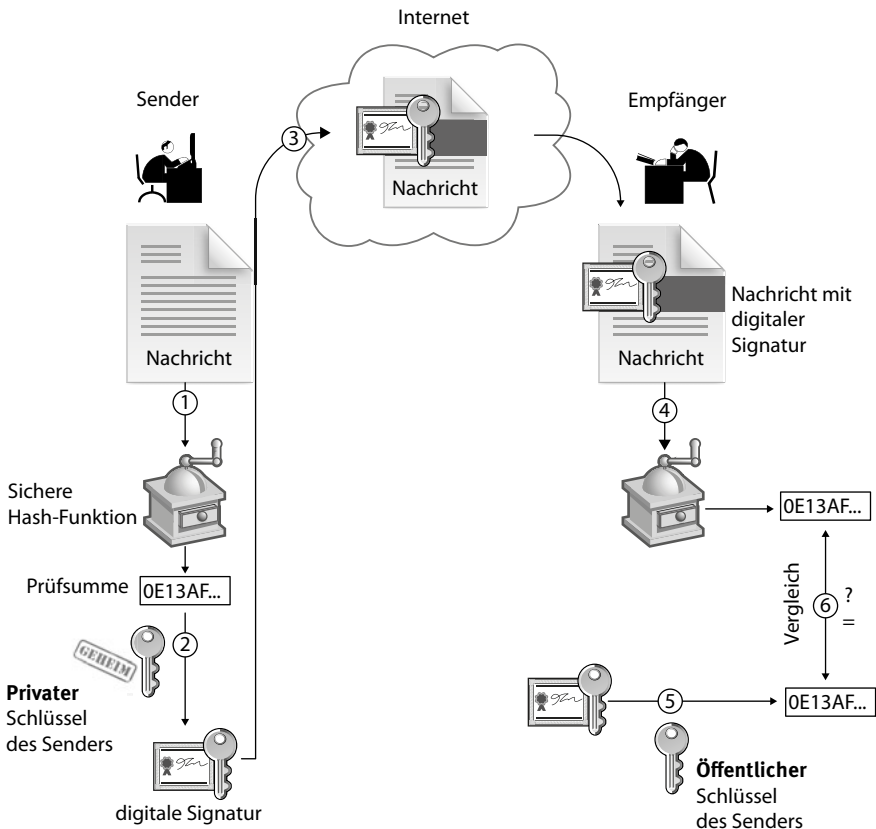


Abb. 9.9: Ablauf der digitalen Unterzeichnung und der Prüfung einer digitalen Signatur

Der Sender kann eine Nachricht mit einer digitalen Signatur unterschreiben, indem er den *MAC* (Abkürzung von engl.: message authentication code) der Nachricht mit seinem privaten Schlüssel verschlüsselt und an die übertragene Nachricht anhängt (siehe Abb. 9.9).

Der Empfänger entschlüsselt mit dem öffentlichen Schlüssel des Absenders die Unterschrift, ermittelt ebenso aus dem erhaltenen Dokument den MAC und vergleicht diesen mit dem entschlüsselten Wert. Sind die beiden Werte identisch, so kann der Empfänger sicher sein, dass die Nachricht wirklich vom Sender geschickt wurde (da der MAC nur mit dem öffentlichen Schlüssel des Senders entschlüsselt werden kann), und dass die Nachricht nicht verändert wurde.

B

Digitale Unterschriften werden beispielsweise bei den sicheren E-Mail-Protokollen S/MIME oder OpenPGP verwendet, um Datenauthenzizität zu gewährleisten. Sie werden durch gängige E-Mail-Klientenprogramme wie Microsoft Outlook oder Mozilla Thunderbird unterstützt. Digitale Unterschriften nach ECDSA werden beispielsweise bei Bitcoin, in TLS und bei zunehmend mehr Internet-basierten Diensten wie Web-Push-Nachrichten eingesetzt.

9.3.2 Elektronische Ausweise (Zertifikate)

Wollen zwei Personen mittels asymmetrischer Kryptografie „sicher“ miteinander kommunizieren, so müssen sie zuvor ihre *öffentlichen Schlüssel* austauschen. Für diesen Austausch muss der öffentliche Schlüssel besonders gesichert werden. Gelingt es einem Betrüger, den öffentlichen Schlüssel eines Kommunikationspartners durch seinen eigenen öffentlichen Schlüssel zu ersetzen, so kann er anschließend die versendeten Nachrichten abfangen und mit dem *privaten Schlüssel*, der sich in seinem Besitz befindet, entziffern. Halten wir also fest: Die „Achillesferse“ der asymmetrischen Kryptografie ist die Übergabe der öffentlichen Schlüssel.

Bei Verwendung asymmetrischer Kryptografieverfahren muss daher sichergestellt sein, dass ein öffentlicher Schlüssel wirklich seinem vermeintlichen Inhaber gehört. Hierzu wird eine *vertrauenswürdige Instanz* (engl.: trusted third party) benötigt, eine sogenannte *Zertifizierungsstelle* oder *Certificate Authority* (Abkürzung: CA). Eine Zertifizierungsstelle stellt sogenannte *digitale Zertifikate* aus, die als elektronische Ausweise fungieren.

!

Ein **digitales Zertifikat** (engl.: digital certificate) ist ein digitales Dokument, das von einer Zertifizierungsstelle digital signiert wird und einen bestimmten öffentlichen Schlüssel (sowie weitere Information) nachweislich einer Person oder einer Organisation zuordnet.

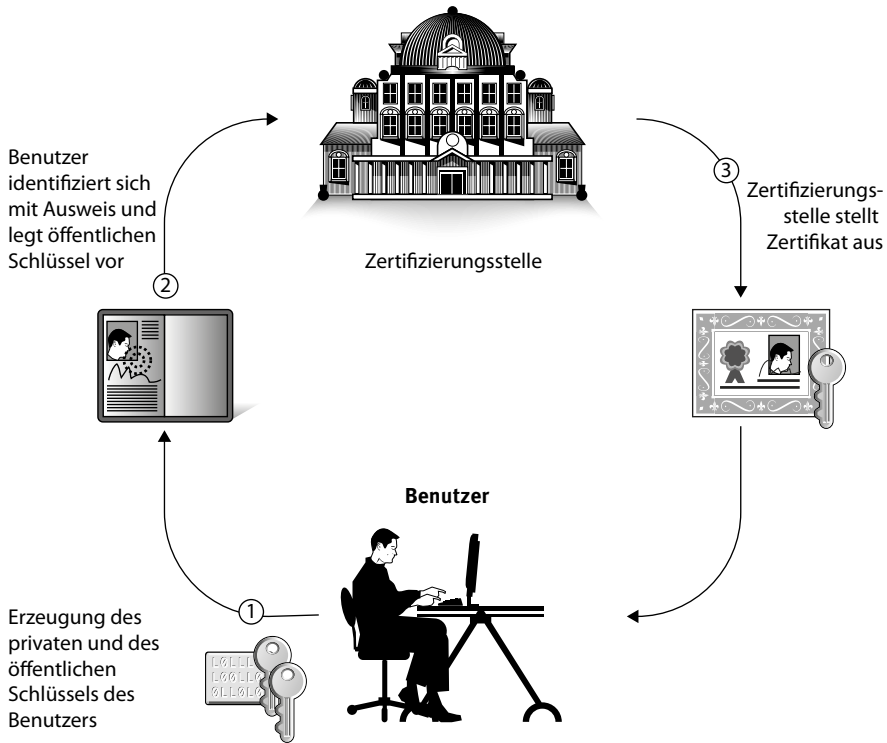


Abb. 9.10: Ausstellung eines digitalen Zertifikats

Abb. 9.10 zeigt den Vorgang der Zertifizierung. Nachdem sich ein Benutzer gegenüber der Zertifizierungsstelle identifiziert hat (zum Beispiel durch Vorlage des Personalausweises), stellt die Zertifizierungsstelle ein Zertifikat für diesen Benutzer aus. Hierzu erzeugt die Zertifizierungsstelle eine Nachricht, die den Namen und weitere Identifikationsinformation, sowie den öffentlichen Schlüssel des Benutzers enthält. Diese Nachricht wird von der Zertifizierungsstelle mit einer digitalen Signatur versehen. Die Echtheit des Zertifikats kann jederzeit anhand der digitalen Signatur überprüft werden. Der öffentliche Schlüssel kann entweder durch den Benutzer selbst oder von der Zertifizierungsstelle erzeugt werden.

Einer der bekanntesten Standards für digitale Zertifikate ist der *ITU-T-Standard X.509*. Abb. 9.11 zeigt den normierten Aufbau eines entsprechenden Zertifikats.

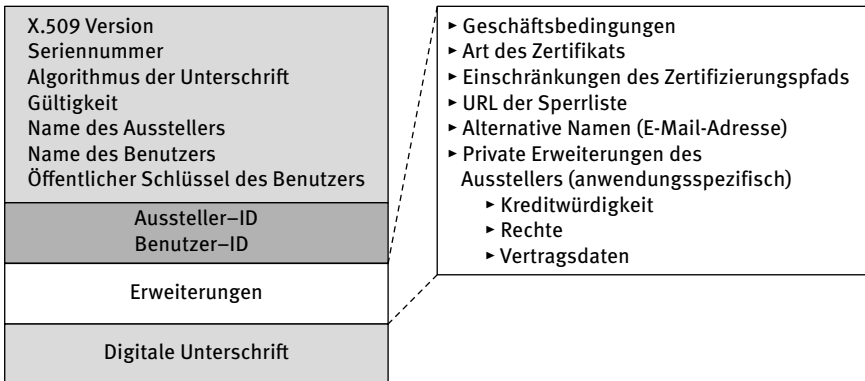


Abb. 9.11: Aufbau von X.509-Zertifikaten

B

X.509-Zertifikate werden beispielsweise verwendet, um den Kommunikationspartner beim sicheren Webprotokoll HTTPS zu identifizieren. Der Anbieter eines Webangebots benötigt ein anerkanntes Zertifikat, das nachweist, dass ein Rechnername zu der entsprechenden Institution gehört. X.509-Zertifikate werden ebenso beim sicheren E-Mail-Protokoll S/MIME verwendet.

9.3.3 Gesicherte Transaktionsverzeichnisse (Blockchain)

Blockchains bilden eine Grundlage fälschungssicherer *Transaktionsverzeichnisse* (engl.: public ledger), bei denen technisch verhindert wird, dass im Nachhinein Daten verändert werden können. Dies ist besonders dann wichtig, wenn die Nachvollziehbarkeit von Transaktionen gewährleistet werden muss. Bei einer Blockchain werden sukzessive Datensätze (die „Blöcke“ genannt werden), zu einer Liste hinzugefügt, wobei jeder Eintrag den Hash-Wert des vorherigen Eintrags enthält. Dadurch wird garantiert, dass Transaktionen auf früheren Transaktionen aufbauen, und dass im Nachhinein der Ablauf der Transaktionen nicht verändert werden kann, ohne dass dies bemerkt wird.

Die Einträge der Blockchain beziehen sich in der Regel auf eine oder mehrere Transaktionen, die in einem Transaktionsverzeichnis geführt werden. Welche Information im Detail pro Transaktion gespeichert wird, ist anwendungsabhängig gestaltbar. Typischerweise umfassen die Transaktionsdaten einen *Zeitstempel* (engl.: time stamp), die Beschreibung einer Leistung, den Erbringer und den Empfänger der Leistung. Die Leistung kann beispielsweise eine *Bezahlung* sein, die *Bestätigung von erworbenen Kenntnissen* (ähnlich einem Zeugnis), eine andere *verbrieft Feststellung eines Tatbestands* (ähnlich einer Urkunde) oder auch ein *Vertrag*. Häufig werden die Transaktionen zusätzlich digital unterschrieben, um einen Identitätsnachweis der handelnden Personen zu gewährleisten.

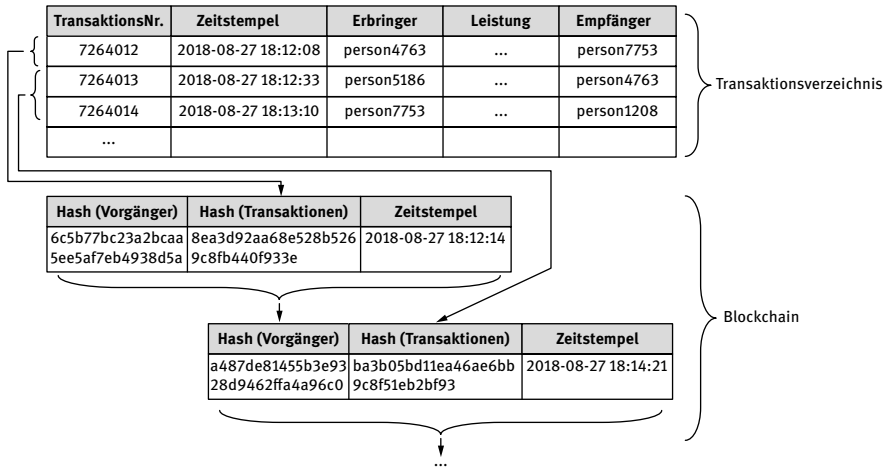


Abb. 9.12: Transaktionsverzeichnis mit Blockchain (3 Transaktionen, 2 Blöcke)

Die Rechteverwaltung auf dem Transaktionsverzeichnis kann sehr unterschiedlich gestaltet werden. Im einfachsten Fall besitzt nur eine Instanz Schreibrechte auf dem Transaktionsverzeichnis. Wenn Transaktionen mit vielen Institutionen erfolgen, so ist es meist wünschenswert, dass jede dieser Institutionen Transaktionen einfügen kann. Generell unterscheidet man zwischen *privaten* und *öffentlichen* Transaktionsverzeichnissen je nachdem, wer berechtigt ist, neue Einträge zu erstellen. Bei öffentlichen Transaktionsverzeichnissen kann jeder das Verzeichnis lesen, kopieren oder Einträge hinzufügen. Öffentliche Transaktionsverzeichnisse sind als verteilte Transaktionsverzeichnisse realisiert.

Ein *verteilt*es Transaktionsverzeichnis (engl.: distributed ledger) besteht aus mehreren identischen Kopien (Replikationen) des Transaktionsverzeichnisses, die redundant auf mehreren Rechnern gespeichert werden. Jedes Hinzufügen einer Transaktion wird mit allen beteiligten Rechnern synchronisiert. Dadurch werden die Probleme der zentralen Datenspeicherung eliminiert (Verlust der Daten, Verfügbarkeit der Daten, Angreifbarkeit, Kontrollierbarkeit, geringere Transparenz, Abhängigkeit von einer einzelnen Instanz). Allerdings stellen sich auch zusätzliche Probleme: Wer prüft, ob die Transaktionen gültig sind (Transaktionslegitimität und Transaktionskonsens)? Wie kann man die Infrastruktur gegen DDoS-Angriffe schützen und somit die Verfügbarkeit und Transaktionsfähigkeit sicherstellen? Wenn mehrere Teilnehmer Transaktionen mehr oder minder gleichzeitig zu einer Blockchain hinzufügen wollen, müssen diese in eine Reihenfolge gebracht werden, da die Blockchain die Struktur einer linearen Liste besitzt. Diese Aufgaben müssen im verteilten Fall gelöst werden, ohne Vertrauen zu den anderen Teilnehmern vorauszusetzen.

Bei einem verteilten Transaktionsverzeichnis auf Basis der Blockchain existiert keine zentrale Instanz, die über die Gültigkeit entscheidet, sondern es wird ein *Konsensverfahren* verwendet, bei dem beispielsweise die Mehrzahl der Teilnehmer den Block akzeptiert und bestätigt, bevor er dauerhaft in die Blockchain aufgenommen wird. Hierdurch kann auch das Problem der doppelten Ausgaben von Beträgen (engl.: double spending) gelöst werden. Zur Lösung des DDoS-Problems kann ein *Nachweis erfolgter Leistungen* (engl.: proof of work) verwendet werden, der die Lösung einer rechenaufwendigen Aufgabe voraussetzt, die schwer zu lösen, aber dann leicht zu überprüfen ist.

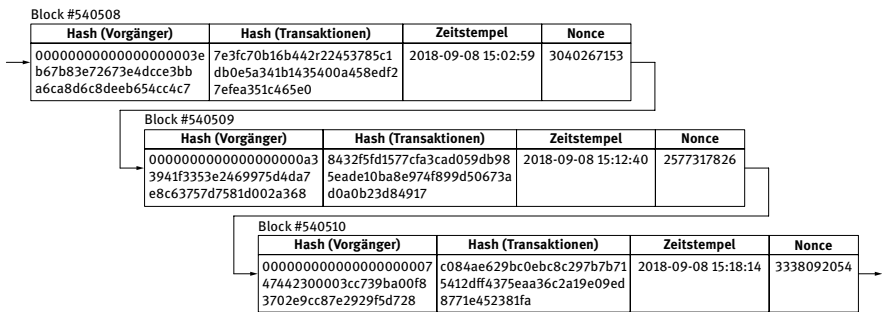


Abb. 9.13: Ausschnitt aus der Bitcoin-Blockchain

B

Das digitale Währungssystem *Bitcoin* verwendet ein verteiltes Transaktionsverzeichnis auf Basis der Blockchain. Jeder Teilnehmer wird durch den öffentlichen Schlüssel eines Schlüsselpaars, das mittels ECDSA erzeugt wurde, identifiziert (man spricht hierbei von *Bitcoin-Adressen*). Das Problem der Validierung der Transaktionen (Verhinderung von „double spending“ von Beträgen, Transaktionslegitimität) ist auf Basis der Blockchain lokal prüfbar, da – vereinfacht gesprochen – die Bitcoin-Münzen ähnlich einem Konto sind, von dem dann laufend Beträge an andere übertragen werden, wobei alle Transaktionen in der Blockchain eingetragen werden müssen. Bitcoin verwendet als Nachweis erfolgter Leistungen die Lösung eines kryptografischen Problems, nämlich einen Wert zu finden (engl.: nonce), sodass der Hash-Wert des Blocks gemeinsam mit diesem Wert unter einem vorgegebenen Maximalwert liegt und zusätzlich mit einer Folge von Nullen beginnt. Dieser sehr rechenaufwendige Schritt wird *Mining* genannt. Der so gefundene Nonce-Wert wird bei Bitcoin als weiteres Datenfeld in den Blöcken der Blockchain (siehe Abb. 9.13) geführt. Wird ein neuer Block mit den geforderten Eigenschaften gefunden, erhält der Finder als Anreiz eine Bezahlung in Bitcoins. Das rechenaufwendige Mining ist einer der wesentlichen Kritikpunkte an Bitcoin. In 2017 wurde geschätzt, dass der weltweite Stromverbrauch für das Bitcoin-Mining bereits höher als der von kleinen europäischen Staaten (beispielsweise Dänemark) ist. Obwohl diese Zahlen umstritten sind, zeigen entsprechende Meldungen deren Größenordnung auf.

Ein alternatives Kryptowährungssystem ist *Ethereum*, welches die Währung *Ether* mit digitalen Verträgen (engl.: smart contract) kombiniert.

Alternativ zu dem Ansatz, der auf dem *Nachweis erfolgreicher Leistungen* basiert, werden derzeit andere Modelle wie beispielsweise *Nachweis von Ansprüchen* (engl.: proof of stake) diskutiert, die eindeutig und ohne hohen Rechenaufwand regeln, wer den nächsten Block erzeugen darf. Hierfür werden als Entscheidungskriterien beispielsweise *Eigentum* oder *Alter* in Bezug auf eine Blockchain diskutiert, wobei die unmittelbare Anwendung dieser Werte zu einer (unerwünschten) Zentralisierung führen würde.

Verteilte Transaktionsverzeichnisse (engl.: distributed ledger technology; abgekürzt: DLT) haben folgende positive Eigenschaften:

- Die Transaktionen sind unveränderlich, die *Verrechnung* (engl.: clearing) und die *Abrechnung* (engl.: settlement) sind auf Basis des Prüfprozesses beispielsweise via Blockchain implementierbar.
- Systeme können auf einer *gleichberechtigten Stufe* (engl.: peer-to-peer) entwickelt werden.
- Jede Transaktion, die in das Transaktionsverzeichnis eingetragen wird, kann durch jeden einzelnen Teilnehmer verifiziert werden; es wird hierfür keine zentrale Instanz benötigt.
- Durch das Publizieren der Transaktionshistorie können alle Teilnehmer und Regulatoren die Korrektheit von komplexen Abläufen rückvollziehen und prüfen.

Diesen positiven Eigenschaften stehen auch offene Probleme von verteilten Transaktionsverzeichnissen gegenüber, wie beispielsweise die mangelnde Skalierbarkeit (der Rechenaufwand steigt, die Bestätigung von mindestens 50% der Teilnehmer dauert länger) oder die Form der Authentifikation (beispielsweise kann ein Benutzer bei Bitcoin beliebig viele Schlüsselpaare und damit Identitäten erzeugen). Wie viele Blockchains soll man nutzen? In welchen Fällen wird ein öffentliches Transaktionsverzeichnis benötigt oder gewollt? Wie viele entsprechende Transaktionsverzeichnisse sollte es geben?

Bedingt durch den weltweiten Erfolg von Bitcoin wurde die Blockchain-Technologie der breiten Öffentlichkeit bekannt. Es wurden (und werden) zahlreiche Konzepte entwickelt, die von den positiven Eigenschaften profitieren. Eine Initiative ist das *selbstbestimmte Identitätsmanagement* (engl.: self-sovereign identity, abgekürzt: SSI), das davon ausgeht, dass Individuen Information über die eigene Person selbstbestimmt verwalten und auf eigenen Geräten speichern können, ohne darauf vertrauen zu müssen, dass zentrale Instanzen (außerhalb ihrer Verfügbarkeit) ihre Daten korrekt speichern und nicht weitergeben. Bei Bedarf können die Individuen diese Daten, die sie selbst betreffen, vorlegen, die dann von Dritten geprüft werden können. Ein zentrales Konzept hierbei sind *überprüfbare Ansprüche* (engl.: verifiable claims), die einer Person

zugeordnet werden. Durch eine *Attestierung* (engl.: attestation) kann ein Dritter durch eine digitale Signatur bestätigen, dass diese Ansprüche korrekt sind. Zur vereinfachten Prüfung der Gültigkeit der Attestierungen können diese in einer Blockchain gesichert werden. Durch *Blockcerts* (Kunstwort aus Blockchain und Zertifikat) können prinzipiell Zertifikate aller Art ausgestellt und im Sinne des *selbstbestimmten Identitätsmanagements* in der Verfügung der Individuen bleiben. Die Inhaber können die Attestierungen bei Bedarf Dritten vorlegen, die deren Gültigkeit auf Basis einer Blockchain sofort und ohne weitere Rückfragen zum Aussteller oder einer Behörde prüfen können.

Ein Beispiel für eine Anwendung sind *Blockcerts*, die vom MIT als offener Standard entwickelt worden sind, und die Studierenden für erworbene Kenntnisse und Leistungen ausgestellt werden können. Bei den MIT-Blockcerts erfolgt die Attestierung durch die Universität, die nach Erhalt des öffentlichen Schlüssels des Studierenden ein Zertifikat ausstellt, das danach an den Studierenden geschickt wird. Zusätzlich wird der kryptografische Hash-Wert des Zertifikats in einer Blockchain eingetragen (siehe Abb. 9.14). Durch diesen Eintrag wird bestätigt, wer wann an wen ein Zertifikat ausgestellt hat. Der Inhalt des Zertifikats ist nicht aus der Blockchain auslesbar.

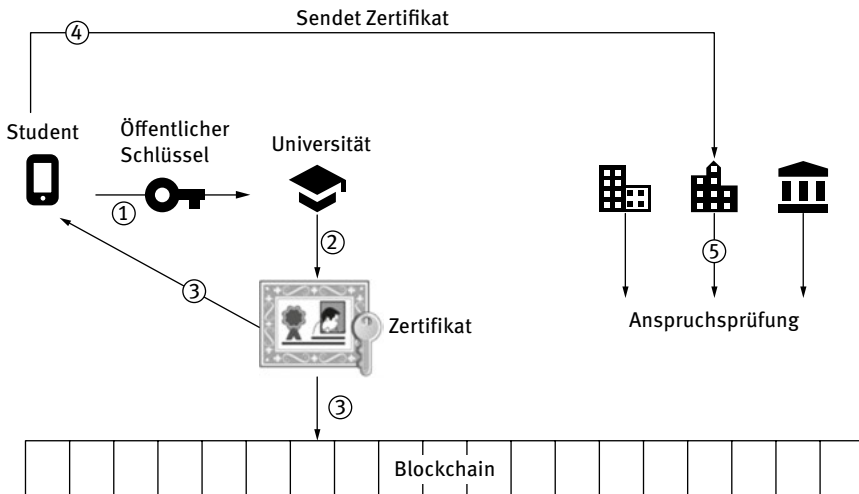


Abb. 9.14: Blockcerts – Sicherung von Attestierungen in einer Blockchain

Die (freie) Blockcert-Software vom MIT ermöglicht die Nutzung von unterschiedlichen Blockchains, unter anderem auch der Blockchain von Bitcoin.

Weitere Projekte zum selbstbestimmten Identitätsmanagement sind *Uport* (<https://www.uport.me/>), *Civic* (<https://www.civic.com/>), *Sovrin* (<http://sovrin.org>), *BOScoin/OWLchain* (<https://boscoin.io/>) oder *DID* (Abkürzung von engl.: decentralized identifier) vom W3C.

B

9.4 Sicherheitsmanagement

Unter **Sicherheitsmanagement** (engl.: security management) versteht man sämtliche Aktivitäten zum Schutz von IT-Komponenten vor absichtlichem oder versehentlichem Missbrauch. Das Sicherheitsmanagement soll die Integrität und die Vertraulichkeit der Daten gewährleisten. Zu den Aufgaben gehören die Regelung von *Zugriffsberechtigungen* zu Programmen und Daten, sowie von *Zutrittsberechtigungen* zu Räumen, die sensible Daten oder IT-Komponenten beherbergen. Des Weiteren beinhaltet das Sicherheitsmanagement organisatorische Maßnahmen, welche nicht direkt die Sicherheit eines Systems erhöhen, aber die Grundlage für darauf aufbauende Dienste bilden (wie zum Beispiel das Schaffen und Verwalten einer Infrastruktur für die betriebsweite Anwendung asymmetrischer Verschlüsselungsverfahren).

!

Die *Kosten der Informationssicherheit* ergeben sich aus den Kosten der Schadensfälle zuzüglich der Kosten für entsprechende Gegenmaßnahmen. Falls die Gegenmaßnahmen erfolgreich sind und keine Schadensfälle eintreten, sind die Kosten der Informationssicherheit (zumindest auf Seiten der Software) gleich den Kosten für die Gegenmaßnahmen.

Im laufenden Betrieb eines Informationssystems treten immer wieder *unvorhergesehene Ereignisse* im Umgang mit Informationssystemen auf. Die möglichen Beispiele reichen von menschlichen Fehleingaben, Systemfehlern und dem Ausfall von Systemkomponenten bis zum Konkurs des langjährigen IT-Lieferanten. Um den Betrieb der Informationssysteme möglichst reibungslos zu gewährleisten, müssen diese Probleme erfasst, bearbeitet, gelöst und dokumentiert werden. Es müssen aus der Sicht des IS-Managements Prozesse definiert werden, die entsprechende Vorfälle vom Zeitpunkt ihrer erstmaligen Entdeckung bis zur ihrer endgültigen Lösung begleiten.

Obwohl gewisse Ereignisse nicht vorhersehbar sind, muss im Vorhinein abgeschätzt werden können, wie groß das Schadenspotenzial für eine Kategorie von Ereignissen ist.

Ein **Risiko** (engl.: risk) ist ein Zustand oder ein Ereignis, das mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit eintritt und eine Gefährdung (beispielsweise eines Projekterfolgs) bedeuten könnte. Das **Risikomanagement** (engl.: risk management) umfasst eine große Menge von Tätigkeiten, die dazu beitragen sollen, Risiken zu erkennen, in ihrem Ausmaß abzuschätzen und deren Folgen zu vermindern.

!

Das Ziel des Risikomanagements ist, Risiken zu einem möglichst frühen Zeitpunkt zu erkennen und zu behandeln. Typische *Tätigkeiten des Risikomanagements* sind:

- *Identifikation der Risiken:* Dies kann zum Beispiel durch das Ausfüllen einer Checkliste oder eines Fragebogens geschehen.
- *Analyse der Risiken:* Hierbei wird abgeschätzt, wie groß die Wahrscheinlichkeit ist, mit der eine Gefährdung eintreten könnte, und wie groß das Schadenspotenzial ist.
- *Planung zur Behandlung der verschiedenen Risiken:* Hierzu gehören Monitorfunktionen zur Überwachung des Systemzustands, die Definition von Prozeduren und Verantwortlichkeiten im Schadensfall, sowie die Ausarbeitung eines detaillierten Plans zur Vermeidung oder weitest möglichen Minderung des Risikos.

B

In einem Betrieb kann der Kreis der von einem Schadensfall unmittelbar Betroffenen sehr groß sein. Wird etwa in einem Kleinbetrieb der als Datenbankserver dienende PC von einem Einbrecher gestohlen, so entführt er damit wahrscheinlich auch die kompletten Kundenadressen, Aufträge, Lagerbestände und Preislisten. Selbst wenn sich die verlorenen Daten aufgrund vorhandener Belege und anderer Unterlagen wiederbeschaffen lassen, kann der Aufwand an Zeit und Geld für die erneute Datenerfassung erheblich sein.

Die tägliche Leistung einer Erfassungskraft liegt beim bloßen Abtippen vorhandener Daten durchschnittlich bei etwa 200 KB. Die manuelle Wiedereingabe eines Datenbestands von nur 1 GB benötigt damit rund 5.000 Arbeitstage.

Denken Sie erst an die Auswirkungen in einer großen Bank oder Versicherung, die beim *Brand ihres Rechenzentrums* nicht eine entsprechende Katastrophenvorsorge getroffen hat. Die Datenbanken können Hunderte von Gigabytes umfassen. Zu den reinen Wiederbeschaffungskosten kommen dann noch die Kosten für Geschäftsausfälle, wie zum Beispiel nicht erledigte Aufträge. Als Gegenmaßnahme installieren Großunternehmen „kalte“ oder „warme“ Ersatzrechenzentren oft weit entfernt vom Hauptrechenzentrum (damit dieses im Falle eines Brands oder Erdbebens nicht auch zerstört wird). Während in einem warmen Ersatzrechenzentrum die Daten laufend aktualisiert gehalten werden (wodurch der Wechsel zu diesem Rechenzentrum sehr rasch erfolgen kann), werden in einem kalten Ersatzrechenzentrum nur die Hardware und Sicherungskopien vorgehalten, um im Bedarfsfall das System dort – zumindest eingeschränkt – hochfahren zu können.

B

Ein Beispiel für ein derartiges Rechenzentrum ist der earthDATAsafe der Firma *Kapsch Business Com* in einem ehemaligen Bergwerk in der Nähe von Kapfenberg (Österreich). Die-

ses Rechenzentrum wird von mehreren Unternehmen wie beispielsweise der *Daimler AG* genutzt und ist in einem mehrere hundert Meter langen Stollensystem untergebracht, welches mit bis zu 150 m Felsmassiv überdeckt ist. Dadurch ist das Rechenzentrum weitgehend gegen elektromagnetische Störungen geschützt und gilt als eines der sichersten und modernsten in Europa.

9.4.1 Gezielte Angriffe

Gezielte Angriffe (engl.: targeted attack) richten sich gegen Personen, Unternehmen, Behörden oder Wirtschaftszweige. Oft wird hierbei mittels **Spionagesoftware** (engl.: spyware) gezielt Information gestohlen, um Wettbewerbsvorteile zu erzielen. Die Angreifer sind häufig keine Einzeltäter, sondern arbeiten im Auftrag von Organisationen (beispielsweise Geheimdiensten). Zu den gezielten Angriffen gehören auch die Methoden der **informationstechnischen Kriegsführung** (engl.: cyber warfare).



Diese gezielten Angriffe bedienen sich einer großen Vielfalt von Techniken, die von verschiedenen Formen von Schadsoftware (mehr dazu später), über Identitätsdiebstähle bis zu Rechnereinbrüchen reichen. Meist wird hierbei versucht, einen Rechner mit Schadsoftware zu infiltrieren und dann dort eigene Programme auszuführen, die wertvolle Information stehlen oder Ressourcen des Rechners für Fremdzwecke nutzen. Der erste Angriff erfolgt häufig über bekannte Sicherheitslücken auf schlecht gewarteten Rechnern oder über Tag-Null-Angriffe.

Ein **Tag-Null-Angriff** (engl.: zero-day exploit) ist ein Angriff auf Rechnersysteme, der am Tag des Bekanntwerdens einer Sicherheitslücke erfolgt. In den meisten Fällen haben Systemadministratoren keine Möglichkeit, Sicherheitsaktualisierungen rasch genug zu installieren, um diesen Angriffstyp zu verhindern.



Es gibt auch in Deutschland Diskussionen, ob das Wissen über Sicherheitslücken publik gemacht werden sollte, da auch Geheimdienste und die Polizei diese Information verwenden können, beispielsweise um diese Lücken bei Strafverfolgungen in Form von Bundestrojanern (Näheres folgt) ausnutzen zu können. Eine weitere zunehmende Bedrohung für Rechner sind Seitenkanalangriffe, die teilweise von inner- oder außerhalb eines Rechners erfolgen können.

Unter einem **Seitenkanalangriff** (engl.: side-channel attack) versteht man einen Angriff, der auf der detaillierten Beobachtung eines Rechnersystems beruht. Hierbei werden beispielsweise Stromverbrauchsschwankungen, gesendete Datenpakete oder Zeitmessungen von Ressourcenzugriffen genutzt, um Rückschlüsse auf die Rechnernutzung zu ziehen, auch wenn der Rechner gut abgesichert ist.



B

Man kann bei Seitenkanalangriffen auf Datenpakete auf Grund deren Größe und Sendefrequenz feststellen, ob ein Nutzer Twitter oder Facebook nutzt, auch wenn die Datenpakete verschlüsselt sind. Über die Zeitmessung von Speicherzugriffen kann man ermitteln, was andere Benutzer auf dem Rechner machen, und dadurch Information über eingetippte Kennwörter sammeln. Schwächen von Prozessorimplementierungen (vor allem bei Intel-Prozessoren), wie beispielsweise die Sicherheitslücken *Spectre* und *Meltdown*, erlauben über Seitenkanalangriffe beliebige Speicherinhalte auszulesen.

Ein aktuelles Beispiel von Angriffen auf Personen sind *Wasserlochangriffe* (engl.: watering hole attack). Ein Angreifer versucht hierbei herauszufinden, welche Internet-Angebote von seinem Opfer regelmäßig besucht werden. Gehören dazu beispielsweise verhältnismäßig schlecht gesicherte Rechner, so werden diese attackiert, um dort Fallen für das Opfer zu installieren. Diese Rechner gehören zu völlig unverdächtigen Organisationen wie beispielsweise Menschenrechtsvereinigungen. Die Rechner der Opfer werden dann beispielsweise über Sicherheitslücken im Webbrowser infiltriert, wenn das Opfer auf der unverdächtigen Website auf einen Link klickt. Man sieht aus diesem Beispiel, dass es nicht ausreicht, die Informationsinfrastruktur im Betrieb abzusichern, sondern dass auch eine laufende Schulung der Mitarbeiter über Gefährdungspotenziale externer Quellen notwendig ist.

B

Stuxnet ist ein Beispiel eines gezielten Angriffs mittels Software, die gegen einen Staat gerichtet war. Diese Software wurde vermutlich von amerikanischen und israelischen Geheimdiensten entwickelt, um Irans Zentrifugen zur Anreicherung von Uran zu zerstören. Diese Zentrifugen werden mittels einer Software von Siemens gesteuert, die von Stuxnet sabotiert wurde. Durch den Angriff auf diese Software wurde die Umdrehungszahl der Zentrifugen verändert, was letztendlich zu deren Zerstörung führte. Interessant ist, dass Stuxnet eine Vielzahl von Rechnern weltweit befallen hat, allerdings nur auf Rechnern Schaden verursachte, auf dem die entsprechende Software installiert war.

Dass die genannten Beispiele keine Einzelfälle sind, belegt die Offenlegung der globalen Überwachungs- und Spionageaktivitäten der NSA (Abkürzung von engl.: National Security Agency) durch *Edward Snowden* im Jahr 2013. Gemäß diesen Enthüllungen werden allein von diesem US-amerikanischen Geheimdienst täglich 29 Petabyte (29.000 TB) an Daten weltweit ausgewertet, wobei systematisch die intensiv genutzten Datenverbindungen verdachtsunabhängig abgehört werden (beispielsweise transatlantische Seekabel). Es wird geschätzt, dass die NSA mittels Schadsoftware 2013 Zugriff auf weltweit 85.000 Rechner hatte. Als Rechtfertigung für diese Aktivitäten wird angeführt, dass dadurch terroristischen Anschlägen vorgebeugt werden solle.

9.4.2 Menschliche Fehler

Am häufigsten sind *menschliche Fehler* wie Bedienungsirrtümer oder Nachlässigkeit für Datenverluste verantwortlich. Auch erfahrenen Benutzern passiert es gelegentlich, dass sie Dateien versehentlich löschen oder überschreiben. Obwohl das Betriebssystem bei einem dahingehenden Befehl in der Regel nochmals nachfragt, ob der Benutzer denn wirklich die Datei löschen will, kann es durch Datumsverwechslung oder eine missverständene Bezeichnung von verschiedenen Dateiversionen zu der fatalen Bestätigung kommen.

Ebenso kommt es immer wieder vor, dass Wechseldatenträger (beispielsweise USB-Sticks und DVDs) mit wertvollen Datenbeständen verloren gehen. Sogar nach Notebook-PCs wird manchmal – meist vergeblich – bei den Fundamenten gefragt.

Kritisch ist auch die Entsorgung von alten PCs, Serverrechnern und Datenträgern, auf denen noch wichtige Daten (Kennwörter, Korrespondenz, Firmendokumente usw.) gespeichert sind. Von diesem Problem sind auch zunehmend Mobiltelefone betroffen. Vor der Entsorgung der Geräte müssen alle geheimen und vertraulichen Daten unwiederbringlich gelöscht werden.

Weitere große Problembereiche sind der sorglose Umgang mit Kennwörtern (die beispielsweise auf Klebezetteln am Bildschirm oder unter der Mausmatte aufgehoben werden) oder die allzu vertrauensselige Weitergabe von Zugangsinformation an Dritte, die sich dann beispielsweise über das Internet Zugang zu einem Rechner verschaffen können. Viele dieser Angriffe erfolgen höchst professionell durch *Social Engineering* und sind Berichten zufolge oft weitaus effektiver als technische Angriffe.

Unter **Social Engineering** (engl.: social engineering) versteht man Angriffe, die versuchen durch gezielte Fragen die Freundlichkeit, Naivität oder Unvorsichtigkeit von Mitarbeitern auszunutzen. Ein Angreifer stellt einem Mitarbeiter gezielte Fragen, um diesem vertrauliche Information über die Sicherheitsmechanismen des Informationssystems zu entlocken.



Eine relativ häufig auftretende Variante dieses Vorgehens besteht darin, dass sich der Angreifer telefonisch als Mitarbeiter der IT-Abteilung ausgibt und „mal eben“ das Kennwort eines privilegierten Benutzers erfragen möchte. In einem Alternativszenario könnte sich der Angreifer zum Beispiel auch als externer Mitarbeiter ausgeben, der in einer „Notsituation“ einen hilfsbereiten Mitarbeiter einer Fachabteilung um unbürokratische Hilfe bittet. Auch das Phishing gehört im weiteren Sinne zu dieser Angriffsform.

9.4.3 Unbefugter Zugang oder Zugriff

Werden Rechner mit sensitiven Daten in Räumen gehalten, zu denen sich Dritte Zugang verschaffen können, droht ein Diebstahl des Rechners (oder der Festplatte) mit den darauf gespeicherten Daten.

Der *Diebstahl von Hardware* ist mit der massenhaften Verwendung von PCs zu einem Modedelikt geworden: Oft verschwinden in Betrieben sogar tagsüber auf ungeklärte Weise einzelne PC-Komponenten (Einsteckkarten, Mäuse usw.) oder einen Moment lang unbeaufsichtigt gebliebene Notebook-PCs. Nachts werden von spezialisierten Banden ganze PC-Netze abgebaut.

Zur *Zerstörung von Hardware* kann es durch die erwähnten Feuerschäden, durch Sabotage, Blitzschlag, Wassereinbruch, zu hohe Temperatur und Luftfeuchtigkeit, unachtsamen Transport oder Betriebsdefekte kommen. Besonders gefürchtet ist der nicht vorhersehbare, sogenannte Headcrash, bei dem ein Schreib-/Lesekopf auf die Magnetplattenoberfläche aufprallt. Bei einem solchen Zusammenstoß werden nicht nur die Gerätekomponten beschädigt, sondern es wird auch der Datenbestand zerstört. Häufig kann aber ein Teil der Daten kostenaufwendig durch forensische Methoden von spezialisierten Unternehmen wiederhergestellt werden.

Es gibt Zeitgenossen, für die auf Ihrem PC abgespeicherte Datenbestände wesentlich interessanter sind als die Hardware selbst. Der *unbefugte Zugriff* auf Datenbestände kann auch vor Ort während Ihrer Abwesenheit erfolgen. Zum Beispiel hat einer der Autoren schon einmal um Mitternacht einen Nachtwächter an seinem Büro-PC ertappt. Oder Computerhacker brechen unbefugt und vielfach unbemerkt über Netze in Ihren Rechner ein – aus Spaß, Neugier oder auch um Ihre Geschäftsgeheimnisse der Konkurrenz zu verkaufen.

9.4.4 Schad- und Sabotageprogramme

Ein zunehmendes Problem beim IS-Betrieb ist der Schutz vor Software, die mit der Intention entwickelt wurde, Schaden anzurichten.



Schadprogramme (Schadsoftware, engl.: malicious software, malware) sind Programme, die mit der Intention geschrieben worden sind, unberechtigterweise Funktionen auf fremden Rechnern auszuführen. Die Auswirkungen dieser Programme reichen von harmlosen (aber lästigen) Bildschirmanzeigen, über das Ausspionieren von Dateninhalten und die unberechtigte Ressourcennutzung bis hin zu vollständigem Programm- und Datenverlust oder Unbenutzbarkeit eines Rechners. Schadprogramme werden entweder passiv über Wechseldatenträger und/oder Rechnernetze verbreitet oder können sich vielfach auch selbstständig vervielfältigen (replizieren).

Man unterscheidet bei Schadprogrammen zwischen drei Arten:

1. *Virenprogramme* (engl.: computer virus) sind Schadprogramme, die ihren Programmcode in fremde Programme einfügen und die zunächst die Funktionsfähigkeit dieser befallenen (infizierten) Programme nicht verändern. Erst zu einem späteren Zeitpunkt wird ein durch den Programmcode bestimmter (vorgegebener) Schaden angerichtet. Diese Programme verbreiten sich aktiv durch Replikation (indem sie sich in fremde Programme einfügen, diese also „infizieren“) und werden passiv durch Kopiervorgänge von Benutzern vielfach unwissentlich weitergegeben (etwa durch Sicherungskopien auf DVDs oder Bezug über das Internet).
2. *Wurmprogramme* (engl.: computer worm) sind Schadprogramme, die sich über Rechnernetze (heute hauptsächlich das Internet) verbreiten, um so Rechner zu befallen, dort die Namen und Adressen weiterer „Opfer“ auszuspionieren, und in weiterer Folge diese zu befallen. Wurmprogramme können sich wie ein Lauffeuer im Internet ausbreiten und eine Vielzahl von Rechnern mehr oder minder gleichzeitig unbenutzbar machen. Wurmprogramme verbreiten sich vornehmlich selbstständig. Sie bedienen sich vielfach der Sicherheitslücken in Betriebssystemen oder in der Anwendungssoftware, um in fremde Rechner einzudringen.
3. *Trojanische Pferde* (engl.: Trojan horse) sind Schadprogramme, die nützliche Funktionen ausführen oder vortäuschen, die aber nebenbei Schadfunktionen ausführen. Ein Beispiel wäre ein Textverarbeitungsprogramm, das nebenbei einen Benutzerrechner ausspioniert und beispielsweise die installierten Softwarepakete über das Internet an einen Rechner meldet. Trojanische Pferde werden in der Regel durch Kopiervorgänge verbreitet.

Häufig treten Schadprogramme *in kombinierter Form* auf. Sehr verbreitet ist beispielsweise die Kombination aus Viren- und Wurmprogrammen. Neben der Infektion von Dateien, die sich auf dem lokalen Rechner befinden, können derartige Viren sich selbst beispielsweise mit einem E-Mail-Programm versenden und auf diese Weise andere Rechner befallen. Die Infektion wird meist dadurch ausgelöst, dass ein Benutzer einen infizierten E-Mail-Anhang öffnet und damit das Virus aktiviert.

Vor allem der ungeschützte Betrieb von Rechnern unter der Windows-Betriebssystemfamilie im Internet ist mittlerweile zu einem sehr großen Problem geworden, da einerseits Windows sehr populär ist und andererseits viele Sicherheitslücken aufweist. Generell gilt ein ähnliches Sicherheitsrisiko für alle populären Betriebssysteme. Angriffe auf Betriebssysteme von Smartphones (mit den Betriebssystemen Android und iOS) sind derzeit stark im Zunehmen.

Folgende Maßnahmen können gegen Schadsoftware eingesetzt werden:

Maßnahmen zum Schutz eines Rechners oder eines Netzwerks gegen Angriffe aus dem Internet

Durch *Firewall-Software* lässt sich der Zugang zu einem Rechner aus dem Netzwerk wesentlich einschränken. Generell ist es empfehlenswert, nur jene Dienste auf einem Rechner zu erlauben, die von den Benutzern des Rechners wirklich benötigt werden, da prinzipiell jeder Dienst Angriffsmöglichkeiten bietet.

Laut einer Studie des *SANS-Instituts* (Abkürzung von engl.: system administration, audit, network security) liegt seit Jahren die durchschnittliche Zeit, die zwischen dem Anschluss eines (unzulänglich geschützten) Rechners an das Internet bis zum ersten erfolgreichen Angriff vergeht, bei unter fünf Minuten (engl.: survival time). Aus diesem Grund ist es nicht empfehlenswert, einen neu gekauften Rechner ohne konfigurierte Firewall an das Internet anzuschließen, ohne vorher Sicherheitsaktualisierungen von verlässlichen Quellen durchgeführt und entsprechende Vorkehrungen getroffen zu haben.

B

Diese Zeiten werden mittels spezieller Rechner gemessen, die bewusst mit bekannten Sicherheitslücken an das Internet angeschlossen werden und nur den Zweck erfüllen, Angriffsmuster zu studieren und Angreifern eine Falle zu stellen. Diese Rechner werden in der Fachsprache „*Honeypot*“ (zu deutsch: Honigtopf) genannt.

Aber auch über erlaubte Wege kann Schadsoftware auf einen Rechner gelangen. Diese kann beispielsweise mittels *E-Mail in Anhängen* verschickt werden, oder sie kann über *Sicherheitslücken im Browser* oder durch das *Herunterladen von Dateien* auf einen Rechner gelangen. Ebenso kann Schadsoftware über diverse Datenträger wie beispielsweise USB-Sticks auf einen Rechner gelangen. Aus diesem Grund werden häufig bei beispielsweise Finanzdienstleistern PCs ohne Anschlussmöglichkeiten für externe Datenträger installiert. Dies hat auch den weiteren Effekt, dass der Datendiebstahl durch die eigenen Mitarbeiter erschwert wird.

Häufig wird Schadsoftware über Sicherheitslücken auch in webbasierte Informationssysteme eingeschleust. Eine Form des Angriffs ist das *Cross-Site-Scripting* (engl.: cross site scripting), bei der ein Angreifer Schadsoftware in ein vertrauenswürdigen Webangebot einschleust. Dies erfolgt oft über einen Link, den ein Benutzer aktiviert, durch den beispielsweise seine Zugangsdaten ausgelesen und an Dritte übermittelt werden. In sozialen Netzwerken wurde in den letzten Jahren ein ähnlicher Angriff bekannt, der sich *Likejacking* nennt. Dabei werden gefälschte Gefällt-Mir-Knöpfe (engl.: like button) verwendet, die gutgläubige Benutzer veranlassen, auf diese zu klicken. Dadurch kann beispielsweise Schadsoftware installiert oder es können Zugangsdaten gestohlen werden. Ein weiterer Angriff ist die *SQL-Einschleusung* (engl.: SQL injection), mittels

derer Datenbankabfragen manipuliert werden, damit sie beliebige andere Werte aus der Datenbank ausgeben. Dies kann passieren, wenn beispielsweise Werte aus einer Eingabezeile eines Webbrowsers (beispielsweise eine Kundennummer) ohne weitere Prüfung in Datenbankabfragen genutzt werden. Wird anstelle der Kundennummer ein Wert übergeben, der als getrennte Anfrage interpretiert werden kann, so wird das Ergebnis manipuliert. Aus diesem Grund müssen alle Werte, die von einem Benutzer stammen, geprüft werden, damit dies nicht passieren kann.

Verfahren zum Erkennen von Schadsoftware

Die Schadsoftware ist meist für den Benutzer eines Rechners nicht als solche erkennbar. Laut einer Studie von Verizon aus dem Jahr 2012, bei der mehr als 47.000 Sicherheitsvorfälle untersucht wurden, zeigte sich, dass in etwa zwei Drittel der Fälle Schadsoftware über Monate nicht als solche erkannt wird. Den Benutzern von PCs stehen heute zahlreiche am Markt verfügbare *Virenerkennungsprogramme* zur Verfügung, die bei vielen Systemen bereits vorinstalliert sind. Diese Programme sind je nach Leistungsfähigkeit und Rechnerausstattung in der Lage, eine Festplatte auf vorhandene Viren zu untersuchen und dem Benutzer kenntlich zu machen. Diese Programme verfügen vielfach über eine Datenbank von über 100.000 Einträgen, die für die Virenerkennung genutzt werden. Dem Antivirusprogramm unbekannte Schädlinge können allerdings durch einen Virenschanner nicht gefunden werden. Deshalb ist eine laufende Aktualisierung der Virenerkennungssoftware, die häufig automatisch über das Internet erfolgen kann, wichtig. Ebenso sind diese Programme nicht immer in der Lage, eventuell gefundene Viren aus den Programmen zu entfernen. Korrekte Programme und Daten müssen vielmehr durch Kopien der gesicherten Bestände wiederhergestellt werden.

Während Virenerkennungsprogramme versuchen, Schadsoftware zu erkennen, versuchen *Einbruchserkennungsprogramme* (engl.: intrusion detection software) die Aktivitäten von Schadsoftware zu erkennen. Man unterscheidet zwischen *Einbruchserkennung am Rechner* (engl.: host intrusion detection) und im *Netzwerk* (engl.: network intrusion detection). Bei der Einbruchserkennung am Rechner werden beispielsweise Veränderungen an Dateien erkannt (beispielsweise über Prüfsummen). Hierbei wird eine kontinuierliche Analyse der aufgezeichneten Daten durchgeführt, um Manipulations- oder Einbruchversuche möglichst frühzeitig erkennen zu können. Bei der Einbruchserkennung im lokalen Netzwerk wird dieses nach unüblichen Kommunikationsmustern durchsucht.

Verfahren zur Schadensreduktion

Generell kann trotz aller Vorsichtsmaßnahmen nicht ausgeschlossen werden, dass Schadsoftware auf einen Rechner gelangt. Um den Schaden zu begrenzen, ist es vorteilhaft, wenn am Rechner vertrauliche Information nicht im Klartext, sondern nur in verschlüsselter Form vorliegt. Ebenso sollten auf dem Rechner die Zugriffsrechte möglichst restriktiv gesetzt werden, sodass der Handlungsspielraum der Schadsoftware eingeschränkt wird.

Verfahren zum Beseitigen von Schadsoftware

Ist die Schadsoftware einmal erkannt, so kann sie oft von einem Virens Scanner automatisch beseitigt werden. Manchmal ist das nicht möglich, und hier hilft oft nichts anderes, als den Rechner völlig neu aufzusetzen und die Software von einer älteren Sicherungskopie wieder einzuspielen – und zu hoffen, dass dort nicht auch schon die Schadsoftware mit gesichert wurde.

Die genannten Verfahren können die Gefahren von Schadsoftware reduzieren, ein perfekter Schutz ist aber nicht möglich.

Schließlich stehen noch *organisatorische Schutzmaßnahmen* zur Verfügung. Die wichtigste organisatorische Maßnahme ist das regelmäßige Anlegen von Sicherungskopien. Dadurch können einerseits zerstörte und verlorene Daten wiederhergestellt werden und andererseits möglicherweise befallene Programme durch Vergleich mit den Sicherheitskopien erkannt werden.

9.4.5 Rechteverwaltung

Bei Rechnern, die von mehreren Personen benutzt werden, ist es notwendig, gegenseitige Störungen zu verhindern. Diese Störungen können ihre Ursachen in einer Verwendung oder Änderung von Daten und Programmen anderer Benutzer haben oder durch den fehlerhaften Gebrauch von Systemkommandos entstehen. Daher werden jedem Benutzer durch die *Benutzeradministration* ein *eigener Speicherbereich* und eine *Benutzerklasse* zugeordnet. Jeder Bereich innerhalb eines Rechnersystems wird durch eine bestimmte *Benutzerkennung* identifiziert und in der Regel durch ein *Kennwort* geschützt. Nur Benutzer, die im Besitz eines gültigen Kennworts sind und eine entsprechende Benutzerkennung besitzen, können auf die jeweiligen Bereiche zugreifen.

In modernen Betriebssystemen kann für jedes Programm oder für jede Datei bestimmt werden, welcher Benutzer Lese-, Schreib- oder Ausführungsrechte hat. Der Lese- und Schreibschutz kann bei Datenbankverwaltungssystemen *bis auf die Feldebene* (das heißt, für einzelne Attribute) reichen. Die Summe aller

Rechte eines Benutzers wird auch als *Berechtigungsprofil* bezeichnet. Das Berechtigungsprofil ergibt sich aus dem Aufgabenprofil des Benutzers. Ein Systemverwalter oder ein Datenbankadministrator benötigt weit mehr Rechte als ein gewöhnlicher Benutzer, da er beispielsweise allgemein verfügbare Programme installieren oder deinstallieren muss. Ein gewöhnlicher Benutzer sollte in der Regel keine Rechte besitzen, um Befehle auszuführen, die die Gewährleistung der Systemsicherheit gefährden.

Eine individuelle Regelung für jeden einzelnen Benutzer ist allerdings sehr aufwendig. Auf vielen Rechnern existieren heute mehr als hunderttausend Dateien, für die Rechte an oft mehrere tausend Benutzer vergeben werden können. Dabei handelt es sich meist um keine Einmalentscheidung, sondern es werden laufend Anpassungen verlangt (wenn beispielsweise Mitarbeiter den Betrieb verlassen, in eine andere Abteilung wechseln usw.). Die in der Folge beschriebenen Zugriffskontrollmodelle zielen auf die Beherrschbarkeit dieser vielen Detailentscheidungen ab.

Das Modell der **wahlfreien** oder **diskreten Zugriffskontrolle** (engl.: discretionary access control, Abkürzung: DAC) beruht auf der Annahme, dass der Eigentümer eines Objekts für dessen Schutz alleine verantwortlich ist. Der Eigentümer hat die „freie Wahl“, wer (aktive Komponente, Subjekt) auf seine Objekte (passive Komponente) in welcher Weise (Operation) zugreifen darf.



Die wahlfreie Zugriffskontrolle ist ein einfaches Sicherheitsmodell, das dem Benutzer hohe Flexibilität und Eigenverantwortung zugesteht. Dies ist allerdings oft nur für kleine Benutzergruppen mit einem geringen Verlustrisiko zu empfehlen.

Die **zentralistisch verpflichtende Zugriffskontrolle** (engl.: mandatory access control, Abkürzung: MAC) ist auf die Steuerung des *Informationsflusses* ausgelegt. Das Verfahren basiert auf einer Klassifikation (Einstufung) der Subjekte und Objekte eines Systems. Hierzu erhalten die *Subjekte* (die Benutzer) und *Objekte* des Systems (Daten und Programme) jeweils eine **Sicherheitsmarkierung** (engl.: security label) zugewiesen, anhand derer entschieden wird, ob ein Informationsfluss zwischen einem Subjekt und einem Objekt (beziehungsweise zwischen zwei Subjekten) stattfinden darf.



Ziel der regelbasierten Zugriffskontrolle ist neben dem Sicherheitsmanagement am individuellen Arbeitsplatz auch ein gesicherter Informationsfluss. Wenn beispielsweise über das System schutzwürdige Daten zwischen Benutzern ausgetauscht werden, behalten diese ihre Sicherheitsmarkierung und können vom Empfänger auch nicht aus Versehen an unberechtigte Dritte weitergegeben werden.

B

Typische Sicherheitsmarkierungen für Objekte (beispielsweise Dokumente) orientieren sich an den Sicherheitseinstufungen *streng vertraulich*, *vertraulich*, *betriebsintern* und *öffentlich*. Für die im System registrierten Benutzer wird definiert, welche Kategorien von Objekten sie beispielsweise lesen, schreiben, kopieren, drucken oder ausführen dürfen.

!

Bei der **rollenbasierten Zugriffskontrolle** (engl.: role-based access control, Abkürzung: RBAC) werden die Zugriffsrechte nicht an Subjekte (beispielsweise Benutzer), sondern an *Rollen* vergeben. In einem getrennten Schritt werden Benutzern diese Rollen gemäß ihren Aufgabenprofilen zugeordnet, wodurch diese implizit die Zugriffsrechte ihrer jeweiligen Rollen erhalten.

Durch diese (relativ einfache) Maßnahme wird die administrative Seite der Zugriffskontrolle vor allem in betrieblichen Kontexten entscheidend vereinfacht, in denen Benutzer laufend an neuen Projekten teilnehmen, in der Betriebshierarchie aufsteigen oder häufig an anderen Standorten arbeiten. Dies lässt sich über Rollen modellieren. Ein einzelner Benutzer kann gleichzeitig eine Fülle von Rollen innehaben und beispielsweise Zugriff auf eine Million Informationsobjekte besitzen. Wechselt ein Benutzer seine Rolle, so muss nicht eine Vielzahl von elementaren Rechten geprüft werden, sondern der Benutzer erhält ähnlich einem Baukastensystem genau jene vormodellierten Rechte, die er für sein neues Aufgabenprofil benötigt. Die nicht mehr benötigten Rollen (mit den zugeordneten Rechten) werden entfernt. Die Abb. 9.15 zeigt die konzeptionelle Trennung zwischen Subjekten, Rollen und den Objekten, für die die Zugriffsrechte modelliert werden.

Neben den soeben genannten Modellen gibt es noch eine Reihe *weiterer Zugriffskontrollmodelle*. Ein Beispiel sind Modelle, welche Daten über die Zugriffshistorie eines Subjekts in die Autorisierungsentscheidung einbeziehen, wie zum Beispiel das sogenannte *Chinese-Wall-Modell*.

B

Das *Chinese-Wall-Modell* wurde speziell für beratende Berufe entwickelt, um den Informationsmissbrauch einzuschränken. Wenn ein Berater beispielsweise einen Kunden aus der Automobilbranche berät, dann wird für ihn ab diesem Zeitpunkt sämtliche intern verfügbare Information über die Konkurrenten dieses Kunden gesperrt, sodass keine ungewünschte Information über das Beratungsunternehmen zwischen den Konkurrenten fließen kann.

Die erwähnten Zugriffskontrollmodelle können auch gemeinsam eingesetzt werden.

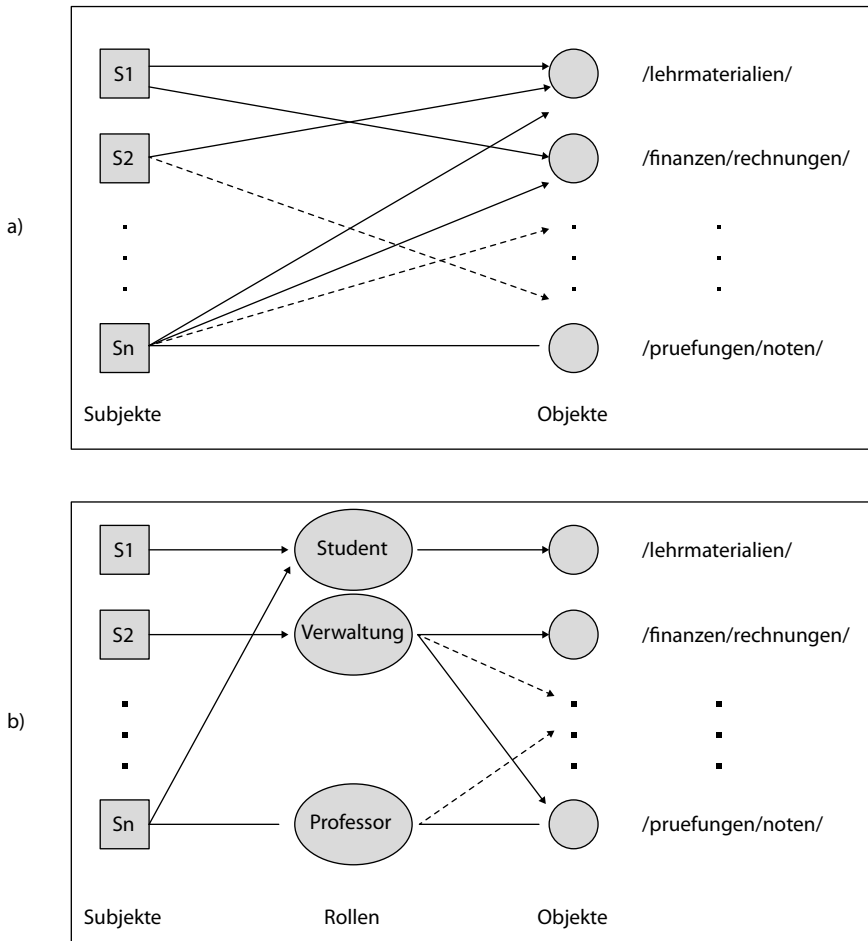


Abb. 9.15: Wahlfreie Zugriffskontrolle (a) vs. rollenbasierte Zugriffskontrolle (b)

Eine *Zugriffskontrollrichtlinie* oder auch *Zugriffskontrollpolitik* (engl.: access control policy) wird abstrakt und unabhängig vom konkreten System entworfen. Das Ziel der Zugriffskontrollpolitik ist die korrekte Abbildung der (unter Sicherheitsgesichtspunkten relevanten) organisatorischen Strukturen einer Institution innerhalb eines Rechnersystems. Hierzu zählt beispielsweise die Gliederung in verschiedene Verantwortungsbereiche, deren Mitarbeiter unterschiedliche Rechte und Pflichten besitzen. Die Umsetzung dieser Richtlinien erfolgt mithilfe von geeigneten Zugriffskontrollmechanismen.

Die Zugriffskontrollrichtlinie eines realen Systems steuert das Zusammenwirken aller Regeln und Restriktionen und umfasst auch insbesondere Regeln

zur Verbreitung und Modifikation von Information (Informationsflüsse). Um eine Zugriffskontrollrichtlinie durchzusetzen, wird für jeden Zugriff überprüft, ob dieser durch die derzeit gültigen Zugriffsrechte autorisiert werden kann. Die durchzusetzende Zugriffskontrollrichtlinie wird somit durch die aktuelle Konfiguration des betreffenden Zugriffskontrollsystems widerspiegelt. Verschiedene Systeme haben unterschiedliche Anforderungen an die Zugriffskontrolle. Richtlinien, die für ein bestimmtes System entworfen wurden, sind in der Regel nicht ohne Weiteres auf ein anderes System übertragbar.

Damit die Einhaltung der jeweiligen Zugriffskontrollpolitik gewährleistet werden kann, ist eine *effiziente Überwachung* (engl.: audit) des Systems erforderlich. Hierzu werden alle sicherheitsrelevanten Ereignisse protokolliert. Auf Grundlage dieser Aufzeichnungen können Analysen durchgeführt werden, um Verstöße gegen die Zugriffskontrollpolitik aufdecken und diesen wirksam entgegenwirken zu können. Abhängig von der Sensitivität des betreffenden Systems werden diese Analysen entweder nur im Fall einer Richtlinienübertretung oder regelmäßig ohne konkretes Verdachtsmoment durchgeführt.

Für die Realisierung einer effektiven Überwachung wird ebenso wie für die Zugriffskontrolle eine korrekte Authentifikation der Benutzer vorausgesetzt.

9.5 Umgang mit sensiblen Daten (Datenschutz)

9.5.1 Anliegen und Problemfelder



Als **Datenschutz** (engl.: data privacy; protection of data privacy) bezeichnet man die Gesamtheit der gesetzlichen Regelungen und betrieblichen Maßnahmen zum Schutz der informationellen Selbstbestimmung von Personen und zur Sicherheit des Informationshaushalts.

Das *Grundanliegen des Datenschutzes* ist es, die Entwicklung und Entfaltung der Persönlichkeit unter den Bedingungen der Informationsgesellschaft zu ermöglichen. Dazu muss der Einzelne in der Lage sein, durch selektive Informationsweitergabe ein – dem jeweiligen Kontext angemessenes – Bild von sich zu vermitteln. Das wird einem Individuum zusehends erschwert, wenn es nicht mehr überblickt, was sein Kommunikationspartner bereits über diese Person weiß. Vollends unmöglich wird dies, wenn dem Gegenüber bereits ein umfassendes Profil über seine Person vorliegt. Das auch für Überwachung und Kontrolle nutzbare Potenzial der Informationstechnik resultiert aus unbegrenzter Erhebung, Speicherung, Verwendung und Weitergabe persönlicher Daten und einer damit geförderten sozialen Konformität des Individuums („Panoptismus“).

Datenschutz ist daher eine Grundbedingung für die Freiheitsausübung in einer demokratischen Gesellschaftsordnung und damit für die Existenz dieser Gesellschaftsordnung selbst. Das deutsche Bundesverfassungsgericht hat 1983 in seinem bahnbrechenden *Volkszählungsurteil* als Ausfluss des allgemeinen Persönlichkeitsrechts und der Menschenwürde das *Grundrecht auf informationelle Selbstbestimmung* ausgeformt. Dieses Recht begrenzt zunächst den Datenerhebung und damit die Macht des Staates und fördert beziehungsweise ermöglicht Engagement in öffentlichen Angelegenheiten.

Hintergrund: Für das Jahr 1983 war in Deutschland eine Volkszählung in Form einer Totalerhebung angesetzt, bei der die beauftragten Volkszähler von Tür zu Tür gehen und neben der eigentlichen Zählung noch weitere Daten erheben sollten. Gegen dieses Vorhaben wurden mehrere Verfassungsbeschwerden eingereicht. Das Bundesverfassungsgericht hat schließlich festgestellt, dass durch zahlreiche Vorschriften des Volkszählungsgesetzes erheblich und ohne Rechtfertigung in Grundrechte des Einzelnen eingriffen wurde, und dass das Gesetz wegen der Verletzung des Rechts auf *informationelle Selbstbestimmung* verfassungswidrig sei. Erst auf der Grundlage des entsprechend novellierten Gesetzes konnte die Volkszählung schließlich im Jahr 1987 durchgeführt werden.

B

25 Jahre später musste das deutsche Bundesverfassungsgericht den datenerhebenden Staat mit einem weiteren spektakulären Urteil abermals in seine Schranken weisen: Im Jahr 2008 entschied es, dass behördliche Online-Durchsuchungen prinzipiell nur unter strengen Auflagen zulässig und in deren Ermangelung diesbezügliche Regelungen des Bundeslands Nordrhein-Westfalen verfassungswidrig seien. Dabei leitete es das nunmehr formulierte „*Grundrecht auf Gewährleistung der Vertraulichkeit und Integrität informationstechnischer Systeme*“ wiederum aus dem allgemeinen Persönlichkeitsrecht ab. Zusätzlich zum grundrechtlich gewährleisteten Schutz des Post- und Fernmeldegeheimnisses und der Wohnung, der von Online-Durchsuchungen nicht notwendigerweise tangiert wird, schützt das – landläufig, aber irreführend so bezeichnete – „*Computergrundrecht*“ den persönlichen und privaten Lebensbereich der Grundrechtsträger vor staatlichem Zugriff im Bereich der Informationstechnik als „*Auffanggrundrecht*“ auch insoweit, als auf das informationstechnische System insgesamt zugegriffen wird und nicht nur auf einzelne Kommunikationsvorgänge oder gespeicherte Daten. Eine präventive Online-Durchsuchung ist demnach nur dann zulässig, wenn sie hinreichend klar gesetzlich geregelt ist, zur Abwehr einer konkreten Gefahr für ein überragend wichtiges Rechtsgut vorgenommen werden soll und durch einen Richter angeordnet wurde.



Das **Grundrecht auf Gewährleistung der Vertraulichkeit und Integrität informationstechnischer Systeme** (Abkürzung: **IT-Grundrecht**) ist ein in Deutschland vom Bundesverfassungsgericht als Ausprägung des allgemeinen Persönlichkeitsrechts formuliertes Grundrecht zum Schutz personenbezogener Daten. Es ist bei Systemen anzuwenden, die allein oder in ihren technischen Vernetzungen personenbezogene Daten des Betroffenen in einem Umfang und in einer Vielfalt enthalten können, dass ein Zugriff auf das System es ermöglicht, einen Einblick in wesentliche Teile der Lebensgestaltung einer Person zu gewinnen oder gar ein aussagekräftiges Bild der Persönlichkeit zu erhalten.



Hintergrund: Gezielte Online-Durchsuchungen mit „Remote Forensic Software“, besser bekannt als „Bundestrojaner“ (auch „Govware“ genannt), sollten es den Behörden ermöglichen, mit eingeschleuster Schadsoftware heimlich die Endgeräte von Verdächtigen auszuspiionieren, ohne die strengen Vorgaben erfüllen beziehungsweise richterliche Anordnungen einholen zu müssen, die für ein physisches Eindringen in die Wohnung oder das Abhören eines laufenden Kommunikationsvorgangs erforderlich sind. Diesem vereinzelt in die Praxis umgesetzten Kalkül wurde durch das Urteil des Bundesverfassungsgerichts eine deutliche Absage erteilt. In Deutschland wurde die rechtliche Grundlage dafür im Jahr 2017 mit § 100b StPO geschaffen. Die Online-Durchsuchung bedarf grundsätzlich ebenso wie die Quellentelekommunikationsüberwachung (Quellen-TKÜ) der Anordnung durch einen Richter, nur bei Gefahr im Verzug kann sie vorläufig auch ein Staatsanwalt anordnen. In Österreich regelt § 135a StPO die Quellen-TKÜ. Der ab April 2020 mögliche Einsatz des „Bundestrojaners“ setzt hier das Vorliegen des konkreten Verdachts einer terroristischen Straftat oder eines schweren Verbrechens sowie die Anordnung durch die Staatsanwaltschaft und die richterliche Genehmigung voraus.



Unter einer **Online-Durchsuchung** (engl.: online search with spyware) versteht man einen heimlichen Zugriff staatlicher Organe auf fremde Rechner über Netzwerke. Zwecke sind die Strafverfolgung, die polizeiliche Gefahrenabwehr und die nachrichtendienstliche Informationsbeschaffung. Bei der **Quellen-TKÜ** (Abkürzung von Quellentelekommunikationsüberwachung; engl.: source telecommunication surveillance) schneidet eingeschleuste Software zu überwachende (etwa WhatsApp- oder Skype-)Kommunikation vor deren Verschlüsselung mit und übermittelt sie an Ermittlungsbehörden. Anders als bei der Online-Durchsuchung werden bei der Quellen-TKÜ keine weiteren Daten erhoben. Beide Maßnahmen stehen in einem Spannungsverhältnis zur staatlichen Aufgabe der Gewährleistung von IT-Sicherheit und werden unter dem Gesichtspunkt der Verhältnismäßigkeit kontrovers diskutiert.

Datenschutz ist aber keineswegs nur für das Verhältnis des pluralistischen Staates zum Bürger, sondern auch für das Funktionieren der Marktwirtschaft unabdingbar: Eine privatautonome, auf dem freien, unmanipulierten Willen basierende Konsumententscheidung setzt voraus, dass der potenzielle Vertragspartner nur über solche personenbezogene Information verfügt, die ihm der Interessent zur Verfügung gestellt hat, oder dass dieser zumindest weiß, was der andere über ihn weiß. Im elektronischen Handel (E-Commerce) ist der Schutz personenbezogener Daten somit essenziell für das Entstehen von Vertrauen und da-

her – ebenso wie im Bereich der elektronischen Verwaltung (E-Government) – ein entscheidender Akzeptanzfaktor.

Andererseits bedeutet Information oft schnellere Reaktion, besseren Überblick, stärkere Kontrollmöglichkeit – schlichtweg *Macht*. Zwischen den Betreibern von Informationssystemen und den davon Betroffenen gibt es daher oft einen natürlichen Interessengegensatz.

- Beispielsweise muss sich ein Unternehmen um ein möglichst *umfassendes Bild seiner Kunden* bemühen, um die Marketingpolitik auf das individuelle Kaufverhalten ausrichten zu können. In den USA kann jeder solche Daten kaufen und verkaufen und darf sich unaufgefordert per Telefon zu Verkaufszwecken an die Adressaten wenden. Hierzulande ist das verboten. Welche Regelung halten Sie für richtig?
- Der Handel versucht, durch *Kundenbindungsprogramme* (beispielsweise „Payback“) Einblick in die Konsumgewohnheiten seiner Kunden („gläserner Kunde“) zu erlangen und sich sogar die Weitergabe von Daten wie Kundennummer, Datum, Filiale, Umsatz, Warengruppencodes usw. an „Loyalty-Partners“ durch Zustimmungserklärungen absegnen zu lassen. Was halten Sie von solchen Praktiken?
- Kennzeichnend für das *Web 2.0* sind unter anderem *soziale Netzwerke* wie Facebook, WhatsApp, Google+, Twitter, Telegram, Instagram, Pinterest, Snapchat, Flickr, LinkedIn und XING. Bei einigen dieser Plattformen geben – oft junge – Menschen durchaus intime Details aus ihrem Privatleben preis. Den Plattformanbietern verspricht die Möglichkeit, personalisierte Einschaltungen anzubieten, einen Vorsprung im heiß umkämpften Werbemarkt. Werden die Community-Mitglieder vielleicht erst zu spät erkennen, dass über das Web verbreitete Information nie wieder gänzlich gelöscht beziehungsweise „eingefangen“ werden kann?
- Aber schon die für soziale Netzwerke charakteristischen *Likes* sind verräterischer, als die meisten Nutzer wahrhaben wollen: Eine wissenschaftliche Analyse (Kosinski 2013) hat gezeigt, dass sensible Daten wie ethnische Zugehörigkeit, Geschlecht, sexuelle Orientierung, politische Einstellung und sogar Drogenmissbrauch anhand von Facebook-Like-Daten zu 95 % korrekt zugeordnet werden können. Dabei sind die Zusammenhänge nicht notwendigerweise geradlinig. Likes ergeben sich nämlich nicht selten aus einer Gruppenzugehörigkeit, was auch Schlüsse in umgekehrter Richtung zulässt. So lautete eines der überraschenden Ergebnisse, dass ein Like für „Curly Fries“ (auch als Spiral- oder Ringel-Pommes bekannt) einen guten Prädiktor für überdurchschnittliche Intelligenz liefert, obwohl fetttriefende Nahrungsmittel gewöhnlich nicht damit in Verbindung gebracht werden.

- Manche kostenlosen Apps liefern ungefragt Information über den Benutzer an den Hersteller, der diese in seinem Interesse nutzt oder gar verkauft. Man könnte diese Programme als trojanische Pferde bezeichnen.

Weitere *Problemfelder* sind zum Beispiel:

- Die Mitbestimmung bei der Einführung von *Personalinformationssystemen*, insbesondere die Fragen, welche Daten erfasst werden dürfen und wer welche Verknüpfungsergebnisse erhält.
- Für die meisten Betriebssysteme ist Software erhältlich, die jeden *Tastenschlag an der Tastatur protokolliert* (engl.: *keylogger*) und damit „auf stillem Weg“ eine vollständige Überwachung aller Eingaben erlaubt.
- Ohne nennenswerten Aufwand können von Mitarbeitern *versandte E-Mails überwacht* und besuchte Webseiten mitprotokolliert werden.
- *Zutrittskontrollsysteme*, die aus Sicherheitsgründen eingeführt werden, können auch zur Arbeitszeitüberwachung dienen.
- *Cookies*, die beim Besuch einer Website vom Webserver über den Webbrowser auf dem Computer des Nutzers abgespeichert werden können, erlauben zielgruppenorientierte Werbung und das Sammeln von Kundendaten in vorher ungeahntem Ausmaß.
- Bei den *Suchmaschinenanbietern* fallen riesige Mengen personenbezogener Daten an, die zunächst ebenfalls zielgruppenspezifische Werbung ermöglichen sollen, in Summe aber auch die Erstellung umfassender Persönlichkeitsprofile zulassen. Wie andere Intermediäre bilden sie überdies beliebte Angriffsziele und somit ein nicht zu unterschätzendes Risiko für die IT-Sicherheit.
- Durch *Data-Mining* können aus sehr großen Datenbeständen Zusammenhänge hervorgeholt werden, die bislang nicht bekannt waren. So spart der Paketversender UPS jährlich Millionen US-Dollar allein dadurch, dass für Zustellfahrten fast ausschließlich solche Routen gewählt werden, auf denen lediglich rechts abgebogen werden muss. Eine Big-Data-Analyse von Statistiken über Unfälle, Benzinverbrauch und Aufzeichnungen über Millionen Touren der UPS-Fahrer zeigte, dass Linksabbiegen die häufigste Ursache für kostspielige Wartezeiten und Unfälle ist. Unter betriebswirtschaftlichen Aspekten handelt es sich dabei zweifellos um eine Erfolgsstory. Vom Standpunkt des Datenschutzes drängen sich dagegen Fragen im Hinblick auf die flächendeckende Überwachung der Arbeitnehmer und Vertragspartner auf.
- Immer umfangreichere Datenbestände werden in der Cloud abgespeichert. Gerade bei Gratisangeboten mit schwer beurteilbarer Vertrauenswürdigkeit ist hier Vorsicht geboten.

- Die durch *Mobiltelefonie* beziehungsweise *M-Commerce* anfallenden Daten ermöglichen es im Prinzip festzustellen, wer, wann, an welchem Ort und in wessen Begleitung welche Produkte oder Dienstleistungen konsumiert hat. Bei *ortsbezogenen Diensten* gehört es zum Geschäftsmodell, dem Endbenutzer je nach Position und Tageszeit selektive Information beziehungsweise Dienste bereitzustellen.

Mit der Weiterentwicklung und Verbreitung der Informationstechnik in ihren unterschiedlichen Ausprägungen werden die Informationserfassungs- und Kontrollmöglichkeiten immer umfassender. Inwieweit diese Möglichkeiten tatsächlich genutzt werden dürfen, ist nicht zuletzt eine Frage des gesellschaftlichen Bewusstseins. An dem obigen, ersten Beispiel haben Sie gesehen, dass etwa im „wirtschaftsliberalen“ Nordamerika Geschäftspraktiken üblich sind, die in „sozialliberalen“ europäischen Staaten im Interesse der Betroffenen verboten wurden. Ganz allgemein lässt sich feststellen, dass in Mittel- und Nordeuropa dem Schutz der Privatsphäre ein weit größerer Stellenwert eingeräumt wird als anderswo auf der Welt.

Die *Maßnahmen zum Datenschutz* betreffen das gesamte organisatorische, rechtliche, wirtschaftliche und technische Umfeld der Informationsverarbeitung. Sie wurden bisher und werden weiterhin in zwei Richtungen forciert:

- *politisch, rechtlich und organisatorisch*: Schutz der personenbezogenen Daten und der IT-Sicherheit durch Gesetze, Betriebsvereinbarungen und organisatorische Maßnahmen;
- *technisch*: Entwicklung „einbruchssicherer“ IT-Infrastruktur und Informationssysteme.

9.5.2 Rechtliche Grundlagen

In demokratischen Rechtsstaaten werden Grundprinzipien des Datenschutzes seit Jahrzehnten gesetzlich geregelt. So ist auf Grund von *Datenschutzgesetzen* die Verarbeitung personenbezogener Daten nur zugelassen, wenn eine entsprechende Rechtsvorschrift und/oder die Einwilligung der betroffenen Person vorliegen. Die Gefahr eines Missbrauchs der Daten wird durch Vorschriften über technisch-organisatorische Maßnahmen der Datensicherheit reduziert.

Mit dem Vertrag von Lissabon trat im Jahr 2009 schließlich auch die *Charta der Grundrechte der Europäischen Union* in Kraft, welche zunächst sämtliche Organe, Einrichtungen und sonstigen Stellen der Europäischen Union bindet, aber überdies von den Mitgliedstaaten zu beachten ist, wenn diese Richtlinien in nationales Recht umsetzen oder europäische Verordnungen vollziehen. Das

mit der Charta verbriefte europäische Grundrecht auf Datenschutz hat den Inhalt, dass personenbezogene Daten natürlicher und juristischer Personen „nur nach Treu und Glauben für festgelegte Zwecke und mit Einwilligung der betroffenen Person oder auf einer sonstigen gesetzlich geregelten legitimen Grundlage“ verarbeitet werden dürfen.



Seit dem 25. Mai 2018 bildet die **Datenschutzgrundverordnung** (DSGVO; engl.: General Data Protection Regulation, GDPR) gemeinsam mit der den Datenschutz im Bereich der Strafverfolgung harmonisierenden **JI-Richtlinie** (Datenschutzrichtlinie im Bereich von Justiz und Inneres) den rechtlichen Rahmen für den Schutz personenbezogener Daten natürlicher Personen in der Europäischen Union. Die in allen Mitgliedstaaten unmittelbar anwendbare DSGVO enthält allerdings Öffnungsklauseln, die es den nationalen Gesetzgebern gestatten, bestimmte Aspekte des Datenschutzes selbstständig zu regeln. Davon abgesehen dürfen die Bestimmungen der DSGVO, die im Übrigen auch für außereuropäische Unternehmen relevant sind, wenn sie Waren oder Dienstleistungen auf dem europäischen Binnenmarkt anbieten oder EU-Bürger überwachen, auf nationaler Ebene weder abgeschwächt noch verstärkt werden.

Durch die Rechtsvereinheitlichung soll der europäische Datenschutz nicht zuletzt im Hinblick auf die Herausforderungen durch Globalisierung und Plattformwirtschaft gestärkt werden. Insbesondere zur Nutzung des durch die Öffnungsklauseln der DSGVO gebotenen Spielraums und zur Umsetzung der JI-Richtlinie gibt es allerdings weiterhin **nationale Datenschutzgesetze**, etwa das neu gefasste Bundesdatenschutzgesetz (BDSG) in Deutschland und das neu erlassene Bundesgesetz zum Schutz natürlicher Personen bei der Verarbeitung personenbezogener Daten (Datenschutzgesetz – DSG) in Österreich.

Zur Sicherstellung des Schutzes der Privatsphäre hat sich eine Reihe von Grundsätzen herauskristallisiert, die mehr oder weniger deutlich in allen Datenschutzgesetzen zum Ausdruck kommen. Die folgenden *Grundsätze für die Verarbeitung personenbezogener Daten* werden von Art. 5 DSGVO explizit benannt:

- *Rechtmäßigkeit, Verarbeitung nach Treu und Glauben, Transparenz*: Die Verarbeitung der Daten darf nur auf Grund einer Einwilligung der betroffenen Person oder einer sonstigen gesetzlichen Rechtsgrundlage erfolgen. Die Einwilligung zur Speicherung und Verarbeitung der Daten muss freiwillig erfolgen, spezifisch und eindeutig sein sowie auf entsprechender Information beruhen. Die einwilligende Person muss dabei die freie Wahl haben, sich für oder gegen die Verarbeitung der Daten zu entscheiden. So darf eine Online-Bestellung nicht nur dann möglich sein, wenn der Kunde auch Daten zur Verfügung stellt, die nicht für die Abwicklung der Bestellung erforderlich sind. Auch die Leistungserbringung selbst darf nicht von einer dafür nicht erforderlichen Einwilligung abhängig gemacht werden (*Koppelungsverbot*). Information und Mitteilungen zur Verarbeitung der Daten müssen leicht zugänglich und verständlich sowie in klarer und einfacher Sprache abgefasst sein.

- *Zweckbindung*: Die Daten dürfen nur für festgelegte, eindeutige sowie legitime Zwecke erhoben werden. Ihre Weiterverarbeitung darf grundsätzlich nur im Rahmen dieser Zwecke erfolgen.
- *Datenminimierung*: Die Daten müssen dem Zweck angemessen und erheblich sowie auf das für die Zwecke der Verarbeitung notwendige Maß beschränkt sein. Verantwortliche haben durch technische Voreinstellungen sicherzustellen, dass grundsätzlich nur solche Daten verarbeitet werden, deren Verarbeitung für den jeweiligen Verarbeitungszweck erforderlich ist.
- *Richtigkeit*: Die verarbeiteten Daten müssen sachlich richtig und auf dem neuesten Stand sein. Es sind alle angemessenen Maßnahmen zu treffen, um unrichtige Daten zu löschen oder zu berichtigen.
- *Speicherbegrenzung*: Die Daten dürfen nur in einer Form gespeichert werden, welche die Identifizierung der betroffenen Personen lediglich so lange ermöglicht, wie es für die Zwecke der Verarbeitung erforderlich ist. Die Speicherdauer der Daten ist auf das unbedingt erforderliche Mindestmaß zu beschränken. Dazu sind Fristen für die Löschung oder die regelmäßige Überprüfung der weiterhin bestehenden Erforderlichkeit der Speicherung vorzusehen.
- *Integrität und Vertraulichkeit*: Die Daten sind in einer Weise zu verarbeiten, die ihre Sicherheit und Vertraulichkeit hinreichend gewährleistet. Dazu gehört auch, dass Unbefugte keinen Zugang zu den Daten haben und weder die Daten noch die Geräte, mit denen diese verarbeitet werden, benutzen können.

Jede natürliche oder juristische Person, Behörde, Einrichtung oder andere Stelle, die allein oder gemeinsam mit anderen über die Zwecke und Mittel der Verarbeitung von personenbezogenen Daten entscheidet („Der Verantwortliche“), ist für die Einhaltung dieser Grundsätze verantwortlich und muss deren Einhaltung nachweisen können (Rechenschaftspflicht).

Bei Verstößen gegen die genannten Grundsätze oder weitere wichtige Bestimmungen der DSGVO werden Geldbußen von bis zu 20.000.000 EUR verhängt, im Fall eines Unternehmens noch darüber hinaus bis zur Höchstgrenze von 4% seines gesamten weltweit erzielten Jahresumsatzes des vorangegangenen Geschäftsjahrs.

Wegen des durch die DSGVO gewährleisteten gleichen Datenschutzniveaus unterliegt der Datenverkehr innerhalb der EU keinen weiteren Beschränkungen. Aufgrund der zunehmenden länderübergreifenden, ja globalen Vernetzung von Unternehmen, öffentlichen Institutionen und Privatpersonen kann der Datenschutz aber weder als rein nationales Anliegen noch als bloß den EU-Binnenmarkt betreffendes Thema betrachtet werden. Von den Bemühungen zu

seiner internationalen Verankerung ist insbesondere das *Übereinkommen des Europarats zum Schutz der Menschen bei der automatischen Verarbeitung personenbezogener Daten aus dem Jahr 1981* (Konvention Nr. 108) zu erwähnen, das inzwischen sämtliche 47 Mitgliedstaaten des Europarats und sechs außereuropäische Staaten, darunter Mexiko und Tunesien, ratifiziert haben.

Abgesehen von eng begrenzten Ausnahmetatbeständen (ausdrückliche Einwilligung des Betroffenen; Erforderlichkeit für den Abschluss oder für die Erfüllung eines Vertrags zwischen der betroffenen Person und dem Verantwortlichen; Durchsetzung von Rechtsansprüchen; Schutz lebenswichtiger Interessen des Betroffenen, der keine Einwilligung geben kann; wichtige Gründe des öffentlichen Interesses oder Übermittlung aus einem zur Information der Öffentlichkeit bestimmten Register) ist den Vorgaben der DSGVO zufolge die Übermittlung personenbezogener Daten an ein Drittland oder eine internationale Organisation nur unter den folgenden Voraussetzungen zulässig:

1. wenn die EU-Kommission beschlossen hat, dass das betreffende Drittland, ein Gebiet oder ein oder mehrere spezifische Sektoren in diesem Drittland oder die betreffende internationale Organisation ein *angemessenes Schutzniveau* bietet (Angemessenheitsbeschluss);
2. wenn der Verantwortliche oder der Auftragsverarbeiter geeignete *Garantien* vorgesehen hat und sofern den betroffenen Personen durchsetzbare Rechte und wirksame Rechtsbehelfe zur Verfügung stehen. Solche Garantien können insbesondere in verbindlichen internen Datenschutzvorschriften (engl.: binding corporate rules), von der Kommission erlassenen oder von einer Aufsichtsbehörde angenommenen Standarddatenschutzklauseln oder in Vertragsklauseln, die zwischen dem Verantwortlichen oder dem Auftragsverarbeiter und dem Verantwortlichen, dem Auftragsverarbeiter oder dem Empfänger der personenbezogenen Daten im Drittland oder der internationalen Organisation vereinbart wurden, bestehen.

Die aufgrund der Datenschutzrichtlinie 95/46/EG erlassenen Angemessenheitsentscheidungen bleiben so lange in Kraft, bis sie aufgehoben werden. Das betrifft derzeit die Staaten Andorra, Argentinien, Färöer Inseln, Guernsey, Insel Man, Israel, Jersey, Kanada, Neuseeland, Schweiz, Uruguay.

Für die Übermittlung personenbezogener Daten in die USA gilt folgende Besonderheit: Nachdem der EuGH die *Safe-Harbor*-Entscheidung der EU-Kommission aus dem Jahr 2000 für ungültig erklärt hatte, fasste diese 2016 einen bloß sektoralen Angemessenheitsbeschluss. Danach sind Datenübermittlungen ohne weitere Einschränkungen an solche US-Unternehmen zulässig, die sich dem als *EU-US-Datenschutzschild* (engl.: EU-US Privacy Shield) bezeichneten Regelungspaket unterworfen haben und in die dafür vorgesehene Liste

(<https://www.privacyshield.gov>) eingetragen sind. Auch diese Regelung wird vor allem im Hinblick auf die nach wie vor mögliche Massenüberwachung durch US-amerikanische Behörden und die dabei fehlende Verhältnismäßigkeitsprüfung kritisch gesehen. Wie der EuGH über die dagegen bereits eingebrachten Klagen entscheiden wird, bleibt abzuwarten.

9.5.3 Bewertung und Ausblick

Die vielen Öffnungsklauseln, die hinsichtlich spezifischer Aspekte des Datenschutzes doch wieder nationale Alleingänge zulassen, kann man als politischen Preis für die Rechtsvereinheitlichung in den wesentlichen Punkten sehen. Als gravierender Fehler ist dagegen die unzureichende Information von Verbrauchern und Unternehmern vor dem Wirksamwerden der DSGVO zu werten. Dabei wurden die relevante Information seitens der EU zwar bereitgestellt, es fehlten aber wirksame Kampagnen, um sie flächendeckend zu verbreiten und damit die fehlerhafte Berichterstattung ebenso zu vermeiden wie die daraus resultierende Hysterie. Vor allem kleinen und mittleren Unternehmen, die diesbezüglich bis zuletzt den Kopf in den Sand steckten, kann dies aber nicht den Vorwurf ersparen, sich nicht ausreichend auf die anstehenden Neuerungen vorbereitet zu haben, obwohl sie dazu mindestens zwei Jahre Zeit gehabt hätten.

Inhaltliche Kritik entzündet sich insbesondere daran, dass sämtliche Unternehmen über einen Kamm geschoren werden, sodass sich kleine und mittlere Unternehmen und sogar Vereine mit den gleichen bürokratischen Herausforderungen konfrontiert sehen, die eigentlich die Sammelwut der Datenkraken im Bereich der sozialen Medien zügeln sollten. Unter rechtsstaatlichen Gesichtspunkten wird die Kombination aus generalklauselartigen Vorgaben, die noch der Konkretisierung durch die Rechtsprechung bedürfen, mit schwerwiegenden Sanktionen problematisiert.

Mindestens ebenso schwer wiegt der Umstand, dass die mit der DSGVO angestrebte Technologieneutralität nur in begrenztem Maße erreicht wurde. Das Fehlen jeglicher Bezugnahme auf dezentrale Datenspeicherung ist im Hinblick auf die rasant zunehmende Bedeutung der *Distributed Ledger Technology* (DLT) und *Blockchain-Technik* eine gravierende Regelungslücke. So wird bereits die Meinung vertreten, öffentliche und erlaubnislose Blockchains, welche nicht zuletzt die Basis für *Bitcoin* und *Ethereum* bilden, seien vor allem wegen der nicht realisierbaren Löschungspflicht aber auch wegen der offensichtlichen Schwierigkeit, die dezentrale Datenverarbeitung einem greifbaren „Verantwortlichen“ zuzurechnen, nicht DSGVO-konform. In der Tat kollidiert das auch als *Recht auf Vergessenwerden* bezeichnete Recht auf Löschung mit den her-

vorstechenden Eigenschaften öffentlicher Blockchains, die insbesondere in deren Unveränderbarkeit, Zensurresistenz, Transparenz und Resilienz zu sehen sind.

Auf der übergeordneten verfassungsrechtlichen Ebene prallen auch grundrechtlich geschützte Positionen aufeinander, die auf der Grundlage umfassender Abwägungsvorgänge in *praktische Konkordanz* zu bringen sind. Allerdings kann die Verwendung von DLT durchaus im überwiegenden Interesse des von der Speicherung personenbezogener Daten Betroffenen liegen und überdies – ganz im Sinne von *Privacy by Design*, das heißt, der frühzeitigen Berücksichtigung von Datenschutzerfordernissen bei der IS-Entwicklung – zur Verfolgung datenschutzrechtlicher Anliegen beitragen. So könnten öffentliche Blockchains ideale Plattformen für die Vergabe von Zugriffsrechten auf (in der Regel nicht auf einer öffentlichen Blockchain gespeicherte) Daten bilden, da sie nicht auf Intermediäre angewiesen sind. Damit sollte es endlich möglich sein, im Verhältnis zwischen Konsumenten und Unternehmern den Konsumenten, in jenem von Gesundheitsdienstleistern und Patienten den Patienten und schließlich in jenem von Bürgern und Staat den Bürgern die unmittelbare informationelle Selbstbestimmung zu geben, der durch gesetzliche Vorkehrungen doch immer nur mittelbar zum Durchbruch verholfen werden kann. Ob sich etwa Versandhäuser, Gesundheitskassen und Behörden an die DSGVO und an nationale Datenschutzgesetze halten, können Verbraucher und Bürger bislang nur hoffen. Die Umsetzung des gesetzlichen Datenschutzes in die Praxis empfinden sie gewissermaßen als Black Box, der allenfalls in jenem Umfang Vertrauen zu schenken ist, in dem die Aufsichtsbehörden ihre Aufgaben effizient erfüllen.

Auf der Basis von DLT könnte der Bürger künftig dem Staat und den staatlichen Behörden aktiv den Zugriff auf den im gegebenen Kontext relevanten Teil seiner Daten gestatten. Tut er dies nicht freiwillig, wäre er durch entsprechende Sanktionen dazu zu bringen. Dennoch läge die Freigabe der Daten in der Hand des Bürgers. Unter diesen Umständen würde er auch über jeden Zugriff auf seine Daten und, weil der zugreifende Beamte begründungspflichtig wäre, dessen Zweck informiert. Um den auf diese Weise realisierbar erscheinenden Datenschutz nicht zu gefährden, sollte der europäische Gesetzgeber klare Regeln mit Bezug auf die dezentrale Datenspeicherung in die DSGVO integrieren.

Neue, EU-weit einheitliche Regeln für die *elektronische Kommunikation* wird schließlich die derzeit als Entwurf vorliegende *ePrivacy-Verordnung* bringen und damit die DSGVO ergänzen und präzisieren. Unter anderem sollen künftig die klassischen Kommunikationsdienste wie E-Mail und Telefon sowie Dienste wie WhatsApp oder Facebook Messenger gleichbehandelt werden. Auch *Chat-Bots* und *M2M-Kommunikation* werden in den Anwendungsbereich dieser Verordnung fallen. Erwähnt sei hier vor allem das Vorhaben, im Hinblick auf Coo-

kies künftig die Browseranbieter in die Pflicht zu nehmen, sodass die Einwilligung zentral im Browser, statt wie bisher bloß für jede einzelne besuchte Webseite erfolgen kann.

Es bleibt zu hoffen, dass das Zusammenspiel von (novellierter) DSGVO und ePrivacy-Verordnung einen ausgewogenen Rechtsrahmen schaffen wird, der einerseits den Betroffenen die Kontrolle über ihre personenbezogenen Daten zurückgibt und andererseits den Unternehmen genügend Spielraum für das Angebot vielfältiger, konkurrenzfähiger und vor allem vertrauenswürdiger Datendienste lässt. Davon wird es abhängen, ob sich der Datenschutz europäischer Prägung als vertrauensbildendes Label oder als die Digitalwirtschaft hemmender Standortnachteil erweist.

Die wichtigsten Punkte

1. Durch die *zunehmende Vernetzung von betrieblichen Informationssystemen* eröffnen sich neben den positiven Effekten auch vermehrt Angriffsziele und Risiken sowohl für den Betreiber als auch den Nutzer der Informationssysteme.
2. Um den *möglichen Bedrohungen zu begegnen*, müssen sowohl die *Sicherheitsziele* (und damit verbunden die Bedrohungen), als auch die *möglichen Maßnahmen* zu Erreichung dieser Ziele bekannt sein.
3. Die *Maßnahmen zur Erreichung der Sicherheitsziele* umfassen technische Verfahren, organisatorische Strukturen und juristische Regelungen (Gesetze). Viele der technischen Verfahren zur Erreichung der Sicherheitsziele haben eine lange, teils militärische Vergangenheit.
4. Zu den *potenziellen Angreifern* gehören neben Individuen (Hacker) vermehrt hochspezialisierte Organisationen (Betreiber von Botnetzen oder professionelle Industriespionage) und Geheimdienste (informationstechnische Kriegsführung).
5. Mithilfe von kryptografischen Verfahren eröffnen sich zunehmend mehr Möglichkeiten zur Absicherung der digitalen Kommunikation, wodurch beispielsweise die Automatisierung komplexer Geschäftstransaktionen oder digitale Währungssysteme möglich werden.
6. Den Interessen der Betreiber von Informationssystemen stehen häufig die Interessen und Rechte der Benutzer gegenüber. Der Schutz der Privatsphäre manifestiert sich unter anderem in den gesetzlichen Regelungen bezüglich des Umgangs mit personenbezogenen Daten. Gleichzeitig stehen die Rechte auf Privatsphäre den Aufgaben der Exekutive gegenüber, wodurch mancherorts die staatliche Datensammelwut gerechtfertigt wird.



Übungs- und Lehrmaterialien zu diesem Kapitel finden Sie im Web über den abgebildeten QR-Code. Richten Sie Ihre Smartphone- oder Tablet-Kamera auf das nebenstehende Bild, um zu den Inhalten zu gelangen.

Literatur

- J. Andress: *The Basics of Information Security*, Syngress, 2. Auflage, Waltham, MA 2014.
- J.P. Aumasson: *Serious Cryptography: A Practical Introduction to Modern Encryption*, No Starch Press, San Francisco, CA 2017.
- W. Blocher: *Gewerblicher Rechtsschutz und Urheberrecht, Informatikrecht* (2003): 121–157.
- C. Eckert: *IT-Sicherheit: Konzepte – Verfahren – Protokolle*, 10. Auflage, Oldenbourg, München 2018.
- D.D. Ferraiolo, R. Kuhn, R. Chandramouli: *Role-Based Access Control*, Artech House, London 2003.
- M. Kofler, A. Zingsheim, K. Gebeshuber, M. Widl, R. Aigner, T. Hackner, S. Kania, P. Kloepp, F. Neugebauer: *Hacking & Security: Das umfassende Handbuch*, Rheinwerk, Bonn 2018.
- M. Kosinski, D. Stillwell, T. Graepel: *Private traits and attributes are predictable from digital records of human behavior*, in: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)*, 110(15), 2013.
- F. Moos, J. Schefzig, M. Arning (Hrsg.): *Die neue Datenschutz-Grundverordnung: Mit Bundesdatenschutzgesetz 2018*, De Gruyter, Berlin 2018.
- S. Nakamoto: *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash* (2009), unter <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
- C. Paar, J. Pelzl: *Kryptografie verständlich: Ein Lehrbuch für Studierende und Anwender*, Springer Vieweg, Berlin 2016.
- T. R. Peltier: *Information Security Risk Analysis*. CRC Press, 3. Auflage, Boca Raton, FL 2010.
- R. Petrlic, C. Sorge: *Datenschutz: Einführung in technischen Datenschutz, Datenschutzrecht und angewandte Kryptographie*, Springer Vieweg, Wiesbaden 2017.
- M. Rosenbach, H. Stark: *Der NSA-Komplex: Edward Snowden und der Weg in die totale Überwachung*, Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart 2014.
- G. Schäfer, M. Roßberg: *Netzicherheit: Grundlagen & Protokolle – Mobile & drahtlose Kommunikation – Schutz von Kommunikationsinfrastrukturen*, dpunkt.verlag, 2. Auflage, Heidelberg 2014.
- B. Schneier: *Secrets and Lies: Digital Security in a Networked World*, John Wiley & Sons, 15. Auflage, Hoboken, NJ 2015.
- K. Schmeih: *Kryptografie: Verfahren, Protokolle, Infrastrukturen*, dpunkt.verlag, Heidelberg 2012.
- W. Stallings: *Cryptography and Network Security: Principles and Practice*, Pearson, 7. Auflage, Harlow, Essex 2016.
- H. F. Tipton, M. K. Nozaki: *Information Security Management Handbook*, CRC Press, 7. Auflage, Boca Raton, FL 2012.
- J. Wittkop: *Building a Comprehensive IT Security Program: Practical Guidelines and Best Practices*, Springer, New York 2016.

10 Datenspeicherung

- 10.1 Information und Daten — 438
 - 10.1.1 Bits und Bytes — 440
 - 10.1.2 Codierung von Information — 442
 - 10.1.3 Stellenwertsysteme — 443
 - 10.1.4 Codierung von ganzen Zahlen — 445
 - 10.1.5 Codierung von Kommazahlen — 447
 - 10.1.6 Codierung von Texten — 449
 - 10.1.7 Codierung von komplexen Inhalten — 454
 - 10.2 Datenstrukturen — 454
 - 10.2.1 Datenelemente — 454
 - 10.2.2 Einfache Datenstrukturen — 456
 - 10.2.3 Graphenbasierte Datenstrukturen — 458
 - 10.2.4 Dateien — 461
 - 10.3 Datenbanken — 462
 - 10.3.1 Eigenschaften von Datenbanksystemen — 464
 - 10.3.2 ANSI-SPARC-Dreischichtenmodell — 466
 - 10.3.3 Relationales Datenmodell — 469
 - 10.3.4 Regeln zur Definition von Tabellen — 471
 - 10.3.5 Ableitung von relationalen Schemata aus ER-Diagrammen — 473
 - 10.3.6 Relationale Operationen — 474
 - 10.3.7 SQL — 477
 - 10.3.8 Nicht relationale Datenmodelle — 478
 - 10.4 Dokumentzentrierte Datenorganisation — 480
 - 10.4.1 JSON — 481
 - 10.4.2 Extensible Markup Language (XML) — 482
 - 10.4.3 XML-Dokumente — 483
 - 10.4.4 Definition von Dokumenttypen in XML — 486
 - 10.4.5 Abfragesprachen für XML-Dokumente — 487
 - 10.4.6 Semantisches Web und RDF — 489
 - 10.5 Skalierbare Datenspeicherung und Big Data — 493
 - 10.5.1 Speicherkonzepte von NoSQL-Datenbanksystemen — 493
 - 10.5.2 Skalierbare verteilte Datenbanksysteme — 497
- Die wichtigsten Punkte — 499
- Literatur — 500

Kapitelübersicht

Dieses Kapitel gibt eine Einführung in die Speicherung von Daten. Diese Einführung umfasst zunächst die Grundlagen, wie unterschiedliche Formen von Daten durch Bits und Bytes auf Rechnern codiert werden. Diese Grundformen werden in den weiteren Abschnitten in komplexeren Datenstrukturen genutzt, die wiederum Grundlagen der beiden Hauptabschnitte über Datenbanken und dokumentzentrierte Datenspeicherung bilden. Im letzten Abschnitt dieses Kapitels geben wir einen Ausblick auf die Methoden der Datenspeicherung, wie sie heute

von führenden Internet-Unternehmen wie Amazon, Facebook oder Google für die Speicherung und Verwaltung von „Big Data“ verwendet werden.

Lernziele

Ziel dieses Kapitels ist es, Sie mit den grundlegenden Fragen zur Datenspeicherung vertraut zu machen. Nach dem Durcharbeiten dieses Kapitels können Sie

- die Unterschiede bezüglich der Speicherung von Texten und Zahlen auf Rechnersystemen erklären,
- die Unterschiede der wichtigsten Datenstrukturen erklären,
- die wesentlichen Standards und Trends bei der Datenspeicherung benennen,
- die Stärken und Schwächen von relationalen Datenmodellen gegenüber alternativen Modellen abschätzen,
- die wichtigsten Datenformate von Internet-Standards unterscheiden,
- die Probleme bei hochskalierbaren Datenbanksystemen und deren Lösungsansätze nachvollziehen.

10.1 Information und Daten

In diesem Kapitel widmen wir uns der Frage, wie Daten auf einem Rechner gespeichert und verarbeitet werden können. In vielen Bereichen bietet ein Rechner bei der Datenspeicherung viele Freiheitsgrade und Ausdrucksmittel, doch beeinflusst diese Entscheidung in hohem Ausmaß, wie effizient auf die Daten zugegriffen werden kann, wie leicht die Daten konsistent (widerspruchsfrei) gehalten werden können und wie die Daten zwischen Rechnern ausgetauscht werden können. Sie kennen bereits aus dem ersten Kapitel die Definition von Daten:



Daten (engl.: data) stellen **Information** (das heißt Angaben über Sachverhalte und Vorgänge; engl.: information) aufgrund bekannter oder unterstellter Abmachungen in einer maschinell verarbeitbaren Form dar.

Damit Daten in den heute gebräuchlichen Rechnern verarbeitet werden können, müssen diese in digitaler Form vorliegen.

Digitale Daten (engl.: digital data) werden durch Zeichen repräsentiert. Ein *Zeichen* (Synonym: Symbol; engl.: character, symbol) ist ein Element aus einer zur Darstellung von Information vereinbarten endlichen Menge von verschiedenen Elementen, dem sogenannten **Zeichenvorrat** (engl.: character set; Synonym: Alphabet, engl.: alphabet).



Generell werden für sehr viele Formen der menschlichen Kommunikation Zeichen verwendet, Beispiele hierfür sind Buchstaben, Ziffern, Interpunktionszeichen usw. Bei der Darstellung auf den heute gängigen Rechnern werden Daten letztendlich durch zwei unterscheidbare Zustände repräsentiert, die als „Null“ und „Eins“ dargestellt werden können. Man spricht hierbei auch von *binären Daten*. Diese Darstellungsform hat den Vorteil, dass sie relativ einfach elektronisch durch zwei Zustände umgesetzt werden kann.

Analoge Daten (engl.: analog data) werden durch kontinuierliche Funktionen repräsentiert. Die analoge Darstellung erfolgt durch eine physikalische Größe, die sich entsprechend den abzubildenden Sachverhalten oder Vorgängen stufenlos ändert.



Beispiele hierfür bieten Thermometer, bei denen durch die Höhe der Quecksilbersäule Temperaturwerte gekennzeichnet werden, oder Rechenschieber, bei denen die Zahlendarstellung durch Längen im logarithmischen Maßstab erfolgt; andere Beispiele sind die akustische und visuelle Information, die wir mit unseren Sinnesorganen wahrnehmen.



Der wichtigste Aspekt von analogen Daten ist deren Stufenlosigkeit, die es ermöglicht, zwischen zwei beliebig nahen Messpunkten theoretisch nochmals zu messen, um einen weiteren, potenziell anderen Messwert zu erhalten. Um analoge Daten auf den heute gebräuchlichen digitalen Rechnern verarbeiten zu können, müssen diese digitalisiert werden, das heißt einer Analog-digital-Umwandlung unterzogen werden. Bei dieser Umwandlung wird eine analoge Information in kurzen Zeitabständen gemessen und für jeden Messwert eine digitale Information ermittelt.

Die Qualität dieser Umwandlung hängt von der Kürze des Zeitintervalls zwischen zwei Messungen und von der Messgenauigkeit (Quantisierungsstufen, siehe Abb. 10.1) ab. Ebenso können umgekehrt digitale Daten durch eine Digital-analog-Umwandlung in analoge Daten umgewandelt werden (beispielsweise bei der Wiedergabe eines Musikstücks).

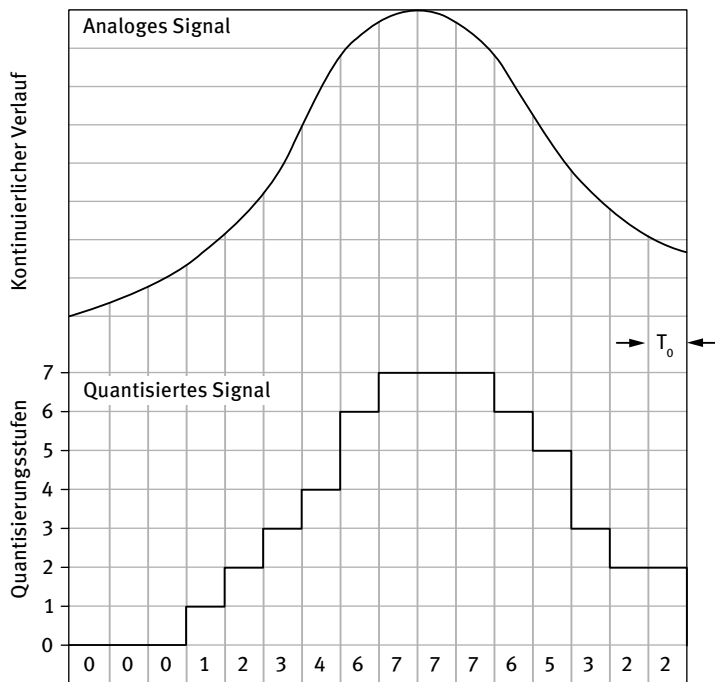


Abb. 10.1: Umwandlung von einem analogen Signal in digitalisierte Werte

10.1.1 Bits und Bytes

Zu den elementaren Bauteilen auf der untersten Schicht eines Rechners gehören *Transistoren*, die für *Schalter* verwendet werden, die durch elektrische Impulse aus- oder eingeschaltet werden. Das Besondere an den Transistoren ist, dass sie bis zur nächsten Betätigung des Schalters ihren Schaltzustand beibehalten. Deshalb kann ein Schaltzustand zur Speicherung von Information genutzt werden. Die Schaltzustände bilden die elementare Form der Informationsdarstellung im Rechner und lassen sich durch die Binärzeichen 1 (Schalter offen) und 0 (Schalter geschlossen) kennzeichnen.



Ein **Binärzeichen** oder **Bit** (Synonyme; engl.: binary digit; bit) ist ein Zeichen aus einem Zeichenvorrat von zwei Zeichen. Zur Darstellung der Bits können beliebige Zeichen benutzt werden; wir verwenden die Zeichen 0 (binäre Null) und 1 (binäre Eins).

Sämtliche Daten und Programme werden bei der rechnerinternen Verarbeitung durch Folgen von Bits repräsentiert. Diese Bits werden üblicherweise zu größeren Einheiten, den Bytes, zusammengefasst.

Auf den heute üblichen Rechnersystemen ist ein **Byte** (engl.: byte) die kleinste adressierbare Einheit und entspricht einer Folge von 8 Bits.



Auf einem Rechner können meist viele Milliarden von Bits und Bytes gespeichert, verarbeitet und übertragen werden. Im IT-Sprachgebrauch hat es sich eingebürgert, die Kapazitäten in folgenden Größenangaben zu benennen, die das Vielfache der jeweiligen Grundeinheit ausdrücken.

- Tausendfache (griech.: Kilo, Abkürzung: K), genau: $2^{10} = 1.024$
- Millionenfache (griech.: Mega, Abkürzung: M), genau: $1.024 \text{ K} = 2^{20} = 1.048.576$
- Milliardenfache (griech.: Giga, Abkürzung: G), genau: $1.024 \text{ M} = 2^{30} = 1.073.741.824$
- Billionenfache (griech.: Tera, Abkürzung: T), genau: $1.024 \text{ G} = 2^{40} = 1.099.511.627.776$
- Billiardenfache (griech.: Peta, Abkürzung: P), genau: $1.024 \text{ T} = 2^{50} = 1.125.899.906.842.642$
- Trillionenfache (griech.: Exa, Abkürzung: E), genau: $1.024 \text{ P} = 2^{60} = 1.152.921.504.606.846.976$

Üblicherweise ist die Grundeinheit bei *Speichermodule*n, *internen und externen Speichern* das *Byte* (Abkürzung: B) und bei *Übertragungsleistungen* das *Bit* (Abkürzung: b). Um Verwechslungen zu vermeiden, verzichten wir bei der Angabe von Bits auf die Abkürzung, schreiben also Kbit, Mbit und Gbit, und verwenden für Bytes die Abkürzung B.

Im allgemein üblichen Sprachgebrauch werden für Kilo, Mega usw. nicht die binären Multiplikatoren $1.024 (2^{10})$, $1.048.576 (2^{20})$ usw., sondern die dezimalen Multiplikatoren $1.000 (10^3)$, $1.000.000 (10^6)$ usw. verwendet. Um die dadurch entstandene Begriffsverwirrung zu beenden, haben internationale Normungsausschüsse bei Verwendung binärer Multiplikatoren die von der IEC 1998 beschlossenen Bezeichnungen empfohlen (siehe Tab. 10.1)

IT-Sprachgebrauch		Wert	IEC-Standard-Bezeichnung	
Name	Symbol		Name	Symbol
Kilo	K	2^{10}	Kibi	Ki
Mega	M	2^{20}	Mebi	Mi
Giga	G	2^{30}	Gibi	Gi
Tera	T	2^{40}	Tebi	Ti
Peta	P	2^{50}	Pebi	Pi
Exa	E	2^{60}	Exbi	Ei

Tab. 10.1: Präfixe für Zweierpotenzen

Die Empfehlungen der IEC verbreiten sich jedoch nur sehr langsam. Wir bleiben deshalb bei den im IT-Sprachgebrauch üblichen Vorsilben mit binärer Bedeutung (Kilo = 1.024, Mega = 1.048.576 usw.).

10.1.2 Codierung von Information

Sie wissen nun, dass digitale Rechner letztendlich eine Folge von binären Werten verarbeiten. Doch was bedeuten diese Bits und Bytes, wie können diese verstanden werden?

Die Bedeutung einer Folge von binären Werten ist nicht immer gleich, sondern hängt von deren Interpretation ab, die letztendlich auf Konventionen und Abmachungen basiert.



Eine Bitfolge kann beispielsweise als Zahl, als Buchstabe oder als Anweisung an den Rechner interpretiert werden.

Man könnte die Frage auch umgekehrt stellen: Wie können Sachverhalte der Realwelt auf dem Rechner dargestellt werden? Die rechnerinterne Darstellung von Information wird durch Codierungsvorschriften festgelegt.



Ein **Code** (engl.: code) legt fest, wie Information mittels eines gegebenen Zeichenvorrats dargestellt wird.



Ein klassisches *Beispiel* für einen Code ist der *Morsecode*, durch den Schriftzeichen in eine Folge von langen und kurzen Signalen umgewandelt werden können (und umgekehrt).

In der kommerziellen Datenverarbeitung ist man an der Codierung von *Zahlen*, *Texten* und *Programmen* (Handlungsanweisungen an den Rechner) interessiert.

Aus diesen Grundelementen lassen sich auch sämtliche anderen, komplexeren Informationstypen (Webseiten, Bilder, Filme) zusammenstellen.

Bevor wir uns mit der Codierung von Zahlen beschäftigen, ist es wichtig zu verstehen, wie wir Menschen gelernt haben, auch ohne Rechner Zahlen darzustellen, und damit verbunden, wie wir mit diesen Zahlen Berechnungen anstellen können.

10.1.3 Stellenwertsysteme

In der westlichen Welt ist das Dezimalsystem das heute am weitesten verbreitete Zahlensystem. Doch das war nicht immer so. Denken Sie an die Zahlendarstellung im alten Rom oder an das Zahlensystem der Maya. Das Dezimalsystem ist ein Stellenwertsystem auf der Basis 10. Doch was heißt das genau? Wir erläutern zunächst den Aufbau von Zahlen im Allgemeinen und erklären, wie der Wert einer Zahl, die in einem beliebigen Zahlensystem dargestellt ist, ermittelt werden kann.

Im *Dezimalsystem* lässt sich der Wert einer Zahl aus dem *Wert* und der *Stellung der Ziffern* ermitteln. So repräsentiert beispielsweise bei der Dezimalzahl 213 die erste Ziffer den Wert 200, die zweite den Wert 10 und die dritte den Wert 3.

Ein Zahlensystem, bei dem der Wert einer Ziffer innerhalb einer Ziffernfolge von ihrer Stellung (ihrer Position) abhängt, heißt **Stellenwertsystem**. Bei Stellenwertsystemen nimmt der Wert einer Ziffer von Ziffernposition zu Ziffernposition jeweils um einen Faktor zu, welcher der *Basis* des Zahlensystems entspricht.



Ein Stellenwertsystem mit der Basis B verfügt über einen Zeichenvorrat von B Ziffern ($0, 1, \dots, B-1$).

Das **dezimale Zahlensystem** (engl.: decimal number system) ist ein Stellenwertsystem mit der Basis 10 und umfasst somit einen Ziffernvorrat von zehn Ziffern ($0, 1, \dots, 9$).



In einem Stellenwertsystem errechnet sich der Wert W einer Zahl, die durch n Ziffern dargestellt wird, nach der Formel:

$$W = \sum_{i=0}^{n-1} b_i \times B^i$$

wobei b_i den Wert der i -ten Ziffer darstellt (*Nennwert*) und B^i den *Stellenwert* ausdrückt. Der *Ziffernwert* ergibt sich aus der Multiplikation des Nennwerts mit dem Stellenwert. Der *Gesamtwert* einer Zahl ergibt sich aus der *Summe der Ziffernwerte*.

B

Der Wert der Dezimalzahl 675 ergibt sich wie folgt: Die Basis B des Dezimalsystems ist 10. Der Wert W der Dezimalzahl ergibt sich nach obiger Formel aus:

$$W = 6 \times 10^2 + 7 \times 10^1 + 5 \times 10^0 = 600 + 70 + 5 = 675$$

Der Nennwert der zweiten Ziffer ist 7, der Stellenwert dieser Ziffer ist 10, demgemäß ist ihr Ziffernwert 70.

In einem Stellenwertsystem mit der Basis B kann der Nennwert einer Ziffer maximal $B-1$ sein. Wird zu einer Ziffer, deren Nennwert genau $B-1$ ist, der Wert 1 addiert, so kommt es zu einem *Übertrag* (engl.: carry over). Dies bedeutet, dass zum Nennwert der Ziffer links von der betroffenen Ziffer der Wert 1 addiert wird und die betroffene (rechte) Ziffer auf den Wert 0 gesetzt wird. Auch durch die Addition von 1 zur Ziffer mit dem nächst höheren Stellenwert kann sich in der Folge ein Übertrag ergeben, der auf die gleiche Weise behandelt wird.

B

Beispiel im Dezimalsystem: $109 + 1 = 110$ oder $999 + 1 = 1000$

Bisher haben wir uns nur mit positiven, ganzen Zahlen beschäftigt. Zahlensysteme umfassen im Allgemeinen allerdings auch *negative Zahlen* (Zahlen kleiner als 0) und *Kommazahlen* (Zahlen, deren Wert zwischen benachbarten ganzen Zahlen liegt). Negative Zahlen werden durch ein *Vorzeichen* ausgedrückt, das ein zusätzliches reserviertes Symbol ist und besagt, ob der ermittelte Wert positiv oder negativ ist.

!

Das **Dualsystem** (engl.: binary number system) ist ein Stellenwertsystem mit der Basis 2 und verwendet entsprechend zur Darstellung von Werten zwei verschiedene Ziffern.

Da das duale Zahlensystem nur über *zwei verschiedene Ziffern* verfügt, *nämlich 0 und 1*, werden bereits für Zahlen, die größer als 1 sind, mehrere Stellen benötigt. Die *Stellenwerte* sind *Potenzen von 2*. Um den Wert einer Dualzahl zu erhalten, stellt man die Dualzahl als Summe von Zweierpotenzen dar, die mit ihren Nennwerten multipliziert werden.

B

Wir werden nun den Wert der Dualzahl 1100 ermitteln. Der Wert wird, wie wir es gewohnt sind, im dezimalen System angegeben. Wenn Verwechslungsmöglichkeiten bestehen, schreiben wir bei Zahlen, die nicht aus dem Dezimalsystem stammen, die Basis als tiefer gestellten Index. Ein Wert ohne Index ist ein Dezimalwert:

$$\begin{aligned} 1100_2 &= 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 0 \times 2^0 \\ &= 8 + 4 + 0 + 0 \\ &= 12 \end{aligned}$$

Unter Verwendung dieser Beziehungen können die dezimalen Äquivalente von Dualzahlen leicht bestimmt werden (siehe Tab. 10.2).

n	2 ⁿ	n	2 ⁿ	n	2 ⁿ
0	1	11	2.048	22	4.194.30
1	2	12	4.096	23	8.388.608
2	4	13	8.192	24	16.777.216
3	8	14	16.384	25	33.554.432
4	16	15	32.768	26	67.108.864
5	32	16	65.536	27	134.217.728
6	64	17	131.072	28	268.435.456
7	128	18	262.144	29	536.870.912
8	256	19	524.288	30	1.073.741.824
9	512	20	1.048.576	31	2.147.483.648
10	1.024	21	2.097.152	32	4.294.967.296

Tab. 10.2: Zweierpotenzen

Weitere Zahlensysteme, die man häufig im Zusammenhang mit der Darstellung von rechnerinternen Repräsentationen verwendet, sind das Oktal- und das Hexadezimalsystem.

Das **Oktalsystem** (engl.: octal number system) ist ein Stellenwertsystem mit der Basis 8, das **Hexadezimalsystem** (engl.: hexadecimal number system) ist ein Stellenwertsystem mit der Basis 16.



Die Darstellung und Umwandlung von Oktal- und Hexadezimalzahlen erfolgt analog zu allen anderen Stellenwertsystemen. Das Oktalsystem verwendet die Ziffern 0 bis 7, das Hexadezimalsystem die Ziffern 0 bis 9 und die Buchstaben A, B, C, D, E und F. Der dezimale Ziffernwert der Hexadezimalziffer F beträgt 15.

10.1.4 Codierung von ganzen Zahlen

Um im Rechner *positive ganze Zahlen* (engl.: unsigned integer) darzustellen, können diese Werte in einem Bitmuster gespeichert werden, das den Dualzahlen entspricht. Jede Stelle der Dualzahl entspricht dabei einem Bit. Je nachdem, wie viele Bits für die Darstellung der Zahl verwendet werden, können unterschiedlich große Zahlen dargestellt werden. Man spricht hierbei vom *Dar-*

stellungsbereich. Die vorgesehene Anzahl an Bits wird Repräsentationsgröße genannt.



Die **Repräsentationsgröße** (engl.: representation size) legt die vorgesehene Datenmenge (in Bits oder Bytes) fest, die für ein Datenelement vorgesehen ist. Sie bestimmt somit auch, wie viele unterschiedliche Werte in dem Datenelement dargestellt werden können.



Werden beispielsweise für ein Datenelement 8 Bits vorgesehen, so können in diesem Datenelement maximal 2^8 (= 256) unterschiedliche Werte abgespeichert werden (die Werte 00000000_2 bis 11111111_2).

Repräsentationsgröße	Minimaler Wert	Maximaler Wert
8 Bit (1 Byte)	0	$255 = 2^8 - 1$
16 Bit (2 Byte)	0	$65.535 = 2^{16} - 1$
32 Bit (4 Byte)	0	$4.294.967.295 = 2^{32} - 1$
64 Bit (8 Byte)	0	$18.446.744.073.709.551.615 = 2^{64} - 1$

Tab. 10.3: Darstellungsbereiche für positive ganze Zahlen

Tab. 10.3 zeigt die minimal und maximal darstellbaren Werte für positive ganze Zahlen in Abhängigkeit vom Darstellungsbereich. Die heute am meisten verbreiteten Rechner können bei einer Rechenoperation 32 oder 64 Bit verarbeiten, insofern werden auch in den meisten Fällen die entsprechenden Repräsentationsgrößen bei der Programmierung gewählt.

Um ganze Zahlen darzustellen, die auch *negativ* sein können (engl.: signed integer), benötigt man *ein Bit* zur Repräsentation des *Vorzeichens*. Das Vorzeichen belegt gewöhnlich das *werthöchste* Bit. Bei positiven Zahlenwerten hat das Vorzeichenbit den Wert 0, bei negativen Zahlen ist der Wert 1.

Da das Vorzeichen ein Bit belegt, wird die Zahl der Bits, die für die Repräsentation des Zahlenwertes verwendet werden kann, um eins reduziert. Dadurch reduziert sich der maximale Wert um die Hälfte. Tab. 10.4 zeigt den maximalen und minimalen Darstellungsbereich für unterschiedliche *Repräsentationsgrößen*.

Repräsentationsgröße	Minimaler Wert	Maximaler Wert
8 Bit (1 Byte)	-128	127
16 Bit (2 Byte)	-32.768	32.767
32 Bit (4 Byte)	-2.147.483.648	2.147.483.647
64 Bit (8 Byte)	-9.223.372.036.854.775.808	9.223.372.036.854.775.807

Tab. 10.4: Darstellungsbereiche für ganze Zahlen mit Vorzeichen

Sind beispielsweise 16 Bit für die Darstellung eines Zahlenwertes vorgesehen, so wird der Wert +333 wie in Abb. 10.2 dargestellt als Dualzahl ausgedrückt.

B

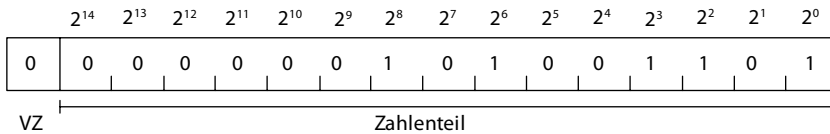


Abb. 10.2: Darstellung des Wertes 333 als Dualzahl mit Vorzeichen

Beachten Sie, dass durch die Vorgabe der Repräsentationsgröße der Wertebereich der darstellbaren Zahlen beschränkt wird, wodurch Bereichsüberschreitungen auftreten können. Enthält beispielsweise eine vorzeichenlose ganze Zahl, für die ein Byte als Repräsentationsgröße vorgesehen ist, den Wert 250, und wird zu diesem Wert 10 addiert, so kommt es zu einem Überlauf, da der Wert 260 nicht in einem Byte darstellbar ist. In den gängigen Programmiersprachen werden diese Überläufe meist nicht automatisch behandelt und die „überschüssigen“ Bits ignoriert. Die entsprechende Variable enthält somit den (inkorrekten) Wert $0000101_2 = 5$.

10.1.5 Codierung von Kommazahlen

Für die rechnerinterne Darstellung von Kommazahlen kann die Festkommadarstellung oder die weit gebräuchlichere Gleitkommadarstellung verwendet werden.

Die **Festkommadarstellung** (engl.: fixed point representation) ist eine Form der ziffernweisen Codierung, bei der an einer (gedachten) Stelle das Komma eingefügt wird. Die Position des Kommas wird getrennt gespeichert.

!

Durch diese Darstellungsform kann erreicht werden, dass für die rechnerinterne Repräsentation eines Wertes beispielsweise stets drei Stellen vor dem Komma und zwei Stellen nach dem Komma verwendet werden. Diese Darstellungsform ist jedoch problematisch, wenn mit derartigen Werten Operationen durchgeführt werden, deren Ergebnis den vorgegebenen Darstellungsbereich überschreitet, aber dieses wieder in dieselbe Darstellungsform (gleiche Anzahl von Nachkommastellen) gebracht werden soll. Hierdurch können sehr leicht Überläufe auftreten, die zu sehr schwer auffindbaren Fehlern führen können.

B

Beispielsweise wird für eine Festkommazahl angegeben, dass drei Vorkomma- und zwei Nachkommastellen gespeichert werden sollen. Diese Zahl wird beispielsweise mit dem Wert 123,11 initialisiert. Wird nun dieser Wert durch eine arithmetische Operation des Programms mit 100 multipliziert, so ist das Ergebnis 12311,00. Soll dieses Ergebnis wieder in der geforderten Formatierung gespeichert werden, so werden die „überschüssigen“ Ziffern ignoriert und die (inkorrekte) Darstellung ist 311,00.

!

Die **Gleitkommadarstellung** (engl.: floating point representation) ist eine Form der Codierung von Kommazahlen, bei der jede Kommazahl durch den Zahlenwert (*Mantisse*) und eine Größenordnung (*Exponent*) dargestellt wird. Der Zahlenwert ergibt sich aus der Formel:

$$\text{Wert} = \text{Mantisse} \times \text{Basis}^{\text{Exponent}}$$

Verwendet man beispielsweise für die Gleitkommadarstellung einer Kommazahl 32 Bits, so können beispielsweise 26 Bits für die Mantisse und 6 Bits für den Exponenten verwendet werden. Werden auch Vorzeichen berücksichtigt, reduziert sich die Zahl der Bits für die Repräsentation des Zahlenwertes jeweils um 1. Das IEEE-Gleitkommaformat verwendet als Basis den Wert 2 und unterscheidet eine Darstellung mit *einfacher* und *doppelter* Genauigkeit. Bei *einfacher Genauigkeit* besteht die Darstellung der Kommazahl aus einem Vorzeichenbit, 8 Bits für den Exponenten und 23 Bits für die Mantisse. Bei der Darstellung in doppelter Genauigkeit werden 64 Bits benötigt, wobei das erste Bit wiederum das Vorzeichenbit ist, 11 Bits werden für den Exponenten und 52 Bits werden für die Mantisse genutzt. Die Operationen zur Ermittlung der Exponenten und Mantissen bei Rechenoperationen im Gleitkommaformat galten lange Zeit als sehr zeitaufwendig. Inzwischen verfügen jedoch praktisch alle modernen Mikroprozessoren direkt über Befehle für arithmetische Operationen mit Gleitkommazahlen, sodass auch diese Operationen in wenigen Prozessorzyklen durchführbar sind.

Durch den Einsatz der Exponentialfunktion zur Ermittlung des Zahlenwertes können viele Werte nur *näherungsweise* durch die in der Mantisse zur Verfügung stehenden Bits dargestellt werden. Leichte Fehler in der Darstellungsgenauigkeit können sich verstärken, wenn diese Werte in Rechenoperationen wiederholt eingesetzt werden.

B

Durch die repräsentationsbedingte Rechengenauigkeit kann das Ergebnis des Ausdrucks $123,0 \times 1000,0 / 1000,0$ beispielsweise den Wert 123,00000000000001 annehmen. Wird dieses Ergebnis in einem Programm mit einem Gleichheitsvergleich mit dem Wert 123,0 verglichen, werden die Werte als ungleich erkannt. Gleichheitsvergleiche mit Gleitkommazahlen sollten folglich in Programmen möglichst vermieden werden.

10.1.6 Codierung von Texten

Im Rechner werden Bitfolgen nicht nur als Zahlen interpretiert, sondern auch als Texte. Lange Zeit wurden Texte am Rechner in einer Form codiert, in der für jedes Zeichen des Textes (beispielsweise Buchstaben, Ziffern, Satzzeichen) jeweils ein Byte verwendet wurde. Die Zuordnung zwischen Bitfolgen und Zeichen erfolgt dabei über einen Zeichensatz.

Eine **Zeichencodierung** (engl.: character encoding) bestimmt die Darstellung (Codierung) von Zeichen (beispielsweise Buchstaben, Ziffern oder Steuerzeichen) auf einem Rechner. Ein **Zeichensatz** (engl.: character set) bestimmt eine mögliche Zeichencodierung. Durch einen Zeichensatz wird jedem Zeichen ein Zahlenwert zugewiesen, der die Position des Zeichens innerhalb des Zeichensatzes bestimmt. Dieser Zahlenwert wird auch meistens bei der Sortierung von Texten, die durch den Zeichensatz dargestellt werden, herangezogen.



Der Umfang der Zeichensätze wird durch die rechnerinterne Repräsentationsgröße für Zeichen bestimmt. Wird beispielsweise in einem Zeichensatz als Repräsentationsgröße ein Byte verwendet, so kann dieser 256 verschiedene Zeichen darstellen. Man spricht hierbei auch von einem *8-Bit-Zeichensatz*.

Ein *Zeichensatz* darf nicht mit einer *Schriftart* (engl.: font) verwechselt werden. Während der Zeichensatz die Codierung von Texten am Rechner und somit die Interpretation von Bitfolgen als Zeichenfolgen festlegt, bestimmt die Schriftart, wie Zeichen auf dem Bildschirm oder auf einem Ausdruck dargestellt werden sollen (beispielsweise durch eine serifenlose Schrift). Die Schriftarten müssen an die Zeichensätze angepasst werden, da sie für alle druckbaren Zeichen eines Zeichensatzes eine Darstellung bereitstellen müssen.

Ein historisch wichtiger Zeichensatz ist der *American Standard Code for Information Interchange* (Abkürzung: *ASCII*). Die meisten Rechner verwenden heute einen Nachfahren dieses Zeichensatzes. Eine Ausnahme stellen die *Großrechner* dar, bei denen hauptsächlich der von IBM entwickelte *Extended Binary-Coded Decimal Interchange Code* (Abkürzung: *EBCDIC*) benutzt wird. Auf diesen 8-Bit-Zeichensatz werden wir im Folgenden jedoch nicht näher eingehen.

Die bereits vor Jahrzehnten vollzogene Normung des ASCII-Zeichensatzes vereinfacht den Austausch schriftlicher Information zwischen Rechnern verschiedener Hersteller. Der ASCII-Zeichensatz ist in der ISO-Norm 646 international genormt.

ASCII (Abkürzung von engl.: American standard code for information interchange) ist ein genormter, relativ alter Zeichensatz für Schrift- und Steuerzeichen mit einer Repräsentationsgröße von 7 Bit. Der ASCII-Zeichensatz umfasst $2^7 = 128$ Zeichen (die Werte 0 bis 127). Der 7-Bit-



ASCII-Code reicht aus, um beliebige englischsprachige Texte darstellen zu können. Umlaute sind in diesem Zeichensatz nicht enthalten.

		Rechtes Halbbyte															
		0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
Linkes Halbbyte	0000																
	0001																
	0010		!	"	#	\$	%	&	'	(	)	*	+	,	-	.	/
	0011	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	:	;	<	=	>	?
	0100	@	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
	0101	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	[	\	]	^	_
	0110	`	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
	0111	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	{		}	~	-

Abb. 10.3: 7-Bit-ASCII-Code

Im *ASCII-Zeichensatz* werden die ersten 32 Zeichen (in Abb. 10.3 nicht angeführt) zur Steuerung der Datenübertragung zwischen Rechnern beziehungsweise zwischen einem Computer und einem Ausgabegerät verwendet. Bei diesen Steuerzeichen handelt es sich um nicht druckbare Zeichen wie Rückschritt, Zeilenvorschub und Tabulator. Die restlichen 96 Schriftzeichen umfassen die Groß- und Kleinbuchstaben des lateinischen Alphabets, die Ziffern 0 bis 9, die allgemein üblichen Satzzeichen, Leerzeichen, mathematische Operatoren, sowie Klammern und Sonderzeichen.

! Ein **Schriftzeichen** (Zeichen, engl.: character) ist ein Buchstabe, eine Ziffer, ein Sonderzeichen oder das Leerzeichen. Unter *Sonderzeichen* versteht man allgemein gebräuchliche Zeichen, die nicht den Buchstaben oder Ziffern zuzuordnen sind, wie zum Beispiel + - * / = . , ; : ? ! \$ () [] { } % & usw.

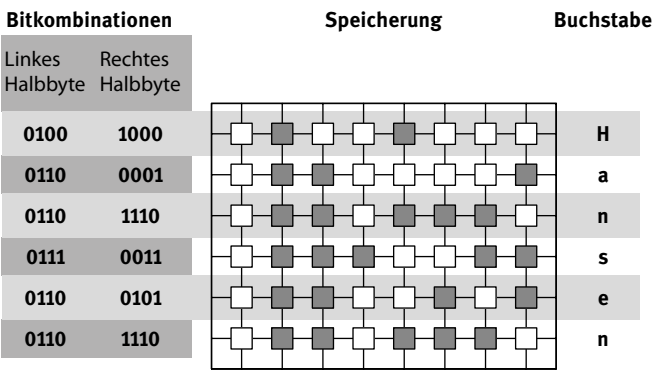


Abb. 10.4: Rechnerinterne Zeichendarstellung (ASCII-Code)

In Abb.10.4 sehen Sie ein Beispiel für die Codierung des Textes „Hansen“ im ASCII-Code. Die Bitfolgen, die Buchstaben repräsentieren, können auch als Zahlen repräsentiert werden (die Bitfolge 01001000 für den Buchstaben „H“ als Wert 72, die Bitfolge 01100001 für den Buchstaben „a“ als 97 usw.).

Beachten Sie, dass im 7-Bit-ASCII-Zeichensatz *keine Zeichen für Umlaute* enthalten sind. Ein mit ASCII nicht kompatibler 7-Bit-Zeichensatz, der deutsche Umlaute und den Buchstaben ß enthält, ist durch die DIN-Norm 66003 festgelegt. Dieser DIN-Zeichensatz wird heute allerdings nur in Spezialanwendungen eingesetzt.

Für die *rechnerinterne Repräsentation des 7-Bit-ASCII-Codes* werden Bytes, also 8-Bit-große Speichereinheiten, verwendet. Ein Bit der Repräsentation wird somit nicht genutzt und kann programmtechnisch für verschiedene Zwecke genutzt werden. Häufig wird dieses Bit verwendet, um den einzelnen Zeichen eine Eigenschaft zuzuordnen, beispielsweise um in einem Texteditor die inverse Darstellung zu kennzeichnen, bei der Hintergrund- und Vordergrunddarstellung vertauscht sind. Diese programmspezifische Verwendung des freien Bits ist allerdings nur für einen 7-Bit-Code anwendbar. In der Praxis kommt es vielfach vor, dass Umlaute bei der Textübertragung verloren gehen, das heißt, sie erscheinen beim Empfänger als inkorrekte oder fehlende Zeichen. Teilweise ist dies darauf zurückzuführen, dass Programme, die ursprünglich nur für die Bearbeitung „reiner“ 7-Bit-ASCII-Texte (englischsprachiger Texte) vorgesehen waren, annehmen, dass das achte Bit programmtechnisch genutzt wird und daher ignoriert werden kann. Ein weiterer Teil dieser Probleme resultiert daraus, dass unterschiedliche 8-Bit-Erweiterungen des ASCII-Zeichensatzes auf unterschiedlichen Rechnerplattformen eingesetzt werden.

Es gibt zahlreiche *Zeichensätze, die den 7-Bit-ASCII-Code erweitern*, indem weitere, beispielsweise länder- oder sprachspezifische Zeichen hinzugefügt werden. Wichtige Vertreter hierfür sind die Zeichensätze der *Standardserie ISO-8859* (genauer: ISO/IEC 8859). Sie standardisieren Zeichensätze für lateinische, kyrillische, arabische, neugriechische, hebräische, türkische und grönländische Schriften. Alle Zeichensätze der ISO-8859-Familie beruhen auf einer 8-Bit-Darstellung von Zeichen ($2^8 = 256$ verschiedene Zeichen). Die Zeichen 0 bis 127 enthalten hierbei jeweils die Zeichen des 7-Bit-ASCII-Codes, die Bedeutung der Zeichen 128 bis 255 wird sprachspezifisch neu definiert. Das Ergebnis sind 16 verschiedene Varianten des ISO-8859-Zeichensatzes, die je nach Sprachregion dieselben Bitfolgen anders interpretieren.

Der ISO-8859-Zeichensatz für die *westlichen Sprachen* heißt *ISO-8859-1* und wird auch vielfach als *Latin-1* bezeichnet. Dieser Zeichensatz wurde 1987 verabschiedet und deckt beispielsweise die Zeichen der wichtigsten westeuropäischen Sprachfamilien ab. Da 1987 die Währungsunion und somit auch das Euro-

Zeichen in weiter Ferne lagen, enthält dieser Zeichensatz kein Euro-Zeichen. Dieser Mangel wurde durch den Zeichensatz ISO-8859-15 behoben, der im Wesentlichen ISO-8859-1 entspricht. Allerdings wurden wenige unwichtige Zeichen durch das Euro-Symbol und durch sieben weitere Zeichen zur verbesserten Unterstützung der französischen und finnischen Sprache ersetzt. Der Zeichensatz ISO-8859-2 (auch *Latin-2* genannt) deckt die slawischen Sprachen wie beispielsweise Tschechisch, Ungarisch, Polnisch, Slowakisch, Slowenisch ab. Auch ISO-8859-2 wurde durch eine neuere Version mit Euro-Zeichen ersetzt, welche die Bezeichnung ISO-8859-16 trägt.

Da bei den genannten ASCII-basierten Zeichensätzen die ersten 128 Zeichen übereinstimmen, ist der 7-Bit-ASCII-Code bei der Übertragung von Textdateien der kleinste gemeinsame Nenner. Solange nur diese 128 Zeichen verwendet werden, treten keinerlei Informationsverluste auf, auch wenn unterschiedliche Codierungen verwendet werden. Probleme können bei den Zeichen zwischen 128 und 255 auftreten, die falsch dargestellt werden (beispielsweise inkorrekte Umlautdarstellung).

Wie durch die ISO-8859-Familie aufgezeigt wird, reicht ein einziger 8-Bit-Zeichensatz mit maximal 256 verfügbaren Zeichen nicht aus, um beispielsweise sämtliche Schriftzeichen der westlichen und slawischen Sprachen abzudecken. Aus diesem Grund sind in den vergangenen Jahren die Bestrebungen intensiviert worden, *umfangreichere Zeichensätze* zu entwickeln. Eine Entwicklungsrichtung stellen hierbei *Multibyte-Zeichensätze* (engl.: multi byte character set) dar, bei denen ein Zeichen durch mehrere Bytes dargestellt wird. Von einem Zeichensatz, der *zwei Bytes* pro Zeichen verwendet, können beispielsweise 2^{16} (= 65.536) Zeichen dargestellt werden.



Unicode ist ein international genormter Zeichensatz, der mit dem Ziel entwickelt wird, eine einheitliche Codierung für jedes Textdokument aller Sprachen und Kulturen der Erde bereitzustellen. Unicode wird gemeinsam von dem Unicode-Konsortium und dem ISO/IEC-Standardkomitee 10646 definiert. Neben den Zeichen der westlichen und slawischen Sprachen werden durch Unicode unter anderem Zeichen für Arabisch und Hebräisch, Griechisch, Kyrlisch und Armenisch, Indisch, Einheitszeichen aus dem Chinesischen, Koreanischen und Japanischen, mathematische, technische und grafische Symbole sowie spezielle Zeichen für Anwendungen definiert.

Unicode definiert einen *universellen Zeichensatz* (engl.: universal character set; abgekürzt: UCS), der über 1,1 Millionen *Zeichenplätze* (engl.: code point) bietet. Für jedes Zeichen wird – ähnlich wie bei anderen Zeichensätzen – ein numerischer Wert (der Zeichenplatz) und ein Name festgelegt. Zudem normt der Standard für Zeichen auch Zusatzinformation, wie beispielsweise die Schreibrichtung, ob ein Buchstabe ein Groß- oder Kleinbuchstabe ist, sowie Sor-

tiereigenschaften. Der Großteil der heute verwendeten Zeichen findet in den ersten 65.536 Zeichenplätzen Raum. Dieser Bereich wird auch als *BMP* (Abkürzung von engl.: basic multilingual plane) bezeichnet. Die Menge aller Zeichenplätze reicht aus heutiger Sicht für Zeichencodierungsanforderungen, die von historischen Schriften über künstliche Schriften (Klingonisch oder Tengwar) bis zu Programmiersprachen mit speziellen Zeichensatzanforderungen (beispielsweise APL) reichen. Die *Entwicklung von Unicode* ist noch nicht abgeschlossen. Die Version 11.0 von Unicode wurde im Jahr 2018 verabschiedet und definiert über 137.000 Zeichen.

Bei Unicode erfolgt die Definition der Zeichen getrennt von der Definition deren Repräsentation am Rechner. Da Unicode über eine Million Zeichenplätze bietet, müssen – in Bytes betrachtet – zumindest drei Bytes pro Zeichen verwendet werden. Der daraus resultierende Nachteil ist, dass Texte, die drei Bytes Codierung pro Zeichen benötigen, einen drei Mal höheren Speicherbedarf haben als Texte, die eine Codierung mit nur einem Byte pro Zeichen verwenden (wie beispielsweise ISO-8859-1). Zudem ist ein Großteil der Texte, die heute existieren, mit einem 8-Bit-Zeichensatz darstellbar. Aus diesem Grund bietet Unicode drei Codierungen für Unicode-Zeichen an, die auf 8-, 16- oder 32-Bit-Größen beruhen. Diese werden entsprechend UTF-8, UTF-16 und UTF-32 genannt.

UTF-8 (Abkürzung von engl.: Unicode transformation format) ist eine byteorientierte Codierung von Unicode, die unter anderem aus Kompatibilitätsgründen zu existierenden Systemen mit 8-Bit-Zeichen entwickelt wurde. Bei der UTF-8-Codierung besitzen unterschiedliche Zeichen unterschiedliche Repräsentationsgrößen. Ein Unicode-Zeichen entspricht einer Sequenz von ein bis vier Bytes in der UTF-8-Codierung.



UTF-8 wurde speziell für die einfache Verwendung auf ASCII-basierten Systemen entwickelt. Die ersten 128 Zeichen von UTF-8 entsprechen dem 7-Bit-ASCII-Code. Um Zeichen zu codieren, die nicht durch das erste Byte alleine repräsentierbar sind, wird durch spezielle Bytewerte ausgedrückt, dass beispielsweise auch das folgende Byte zur Repräsentation des Zeichens gehört. Durch den Einsatz von UTF-8 benötigen die meisten der heute gebräuchlichen Dokumente etwa den gleichen Speicherplatz wie bei einem reinen 8-Bit-Zeichensatz.

Bei UTF-8 benötigt beispielsweise der Buchstabe „A“ ein Byte und der Buchstabe „Ä“ zwei Bytes zur Repräsentation.



UTF-16 verwendet als Basis-Repräsentationsgröße 16 Bit. Durch die ersten 65.536 Zeichenplätze kann der Großteil der gängigen Schriften mit einer Codierung

fixer Länge abgebildet werden. UTF-16 wird intensiv von Microsoft Windows genutzt.

Die meisten Unix-basierten Betriebssysteme (beispielsweise Linux) verwenden UTF-8. Bis jetzt bieten relativ wenige Programmiersprachen (beispielsweise Tcl) standardmäßig Unterstützung für Unicode. Zumeist werden hierfür spezielle Bibliotheken benötigt, die für alle wichtigen Programmiersprachen vorhanden sind. Die Webdatenformate HTML und XML – und damit auch Programme zur Verarbeitung dieser Datenformate – verwenden standardmäßig UTF-8. Entsprechend wird Unicode von allen gängigen Webbrowsern unterstützt.

10.1.7 Codierung von komplexen Inhalten

Die Codierung von Texten und Zahlen ermöglicht es auch, beliebige betriebliche Sachverhalte wie Rechnungen, Geschäftsabläufe usw. am Rechner darzustellen. Entsprechende Inhalte werden durch Datenstrukturen abgespeichert, die wir im kommenden Abschnitt behandeln. Ein Großteil der betrieblichen Daten wird in Datenstrukturen gespeichert, die aus Texten und Zahlen bestehen. Doch es gibt auch noch weitere Formen von Daten, die eine andere Codierung verlangen, auf die wir hier nicht näher eingehen werden. Zu diesen zählt Audioinformation (beispielsweise Musikstücke) oder bildliche Information (Foto, Film).

10.2 Datenstrukturen

10.2.1 Datenelemente

Rechnerintern wird Information durch *Bit*- beziehungsweise *Bytefolgen* repräsentiert. Für ein konzeptionelles Modell (beispielsweise ein Entity-Relationship-Modell) ist es unerheblich, in welcher Form die Datenelemente gespeichert werden. Für Operationen, die auf diese Datenelemente zugreifen und sie verändern, ist allerdings die Repräsentation dieser Daten sehr wohl wichtig. Die Form der Speicherung bestimmt, wie effizient diese Daten verarbeitet werden können. Für die Bearbeitung von Daten mit einem Rechner ist es folglich sinnvoll, zwischen verschiedenen *Typen* von Datenelementen zu unterscheiden.



Ein **Datenelement** (engl.: data element) ist ein Speicherbereich, der einen *Namen* (Bezeichner, engl.: identifier), einen *Inhalt* (Wert, engl.: value) und einen *Datentyp* besitzt. Der Name dient zur Identifikation eines Datenelements. Der **Datentyp** (oder kurz *Typ*, engl.: data type) be-

stimmt, welche Operationen mit Werten dieses Typs durchgeführt werden können und wie die Werte im Rechner repräsentiert werden.

Betrachten Sie folgende Anweisung:

Gesamtpreis := *Liefermenge* × *Einzelpreis*

B

Anweisungen wie diese sind in den meisten Programmiersprachen verfügbar. Diese Anweisung besagt, dass ein Datenelement mit dem Namen *Liefermenge* mit einem Datenelement mit dem Namen *Einzelpreis* multipliziert wird und dass das Ergebnis der Multiplikation einem Datenelement *Gesamtpreis* zugewiesen und dort abgespeichert wird.

Die Multiplikation im obigen Beispiel ist nur dann sinnvoll, wenn die Datenelemente, mit denen die Multiplikation durchgeführt wird, Zahlen sind (also einen numerischen Typ besitzen). Würden diese Datenelemente beispielsweise Namen von Personen enthalten, so würde obiger Programmteil zu einem Fehler führen, da die Multiplikation üblicherweise für Namen nicht definiert ist. Enthalten *Liefermenge* und *Einzelpreis* Zahlen, so ist das Ergebnis der Multiplikation wiederum eine Zahl, und es folgt daraus, dass auch das Datenelement *Gesamtpreis* einen numerischen Typ besitzen muss.

Datenelemente, deren Werte durch Operationen verändert werden können, bezeichnet man als **Variablen** (engl.: variable). Sind die Werte von Datenelementen unveränderlich, so spricht man von **Konstanten** (engl.: constant).

!

Konstanten werden verwendet, um unveränderliche Werte mit einem Namen zu benennen. Ein Beispiel könnte eine Konstante π sein, die in einem Programm für Kreisberechnungen benutzt wird, und die der Zahl 3,1415926535 als Näherungswert π (pi) entspricht.

B

Die Namen von Datenelementen werden verwendet, um den Wert der zugehörigen Datenelemente zu lesen, oder um den Inhalt dieser Datenelemente zu überschreiben. Die Namen von Konstanten können nur verwendet werden, um lesend auf den Inhalt zuzugreifen.

Betrachten Sie folgende Anweisung:

$X := X + 1$

B

Das Ziel der Anweisung ist, den Inhalt der Variablen X um den Wert eins zu erhöhen. X wird auf der rechten Seite des Zuweisungsoperators verwendet, um den aktuellen Wert der Variablen auszulesen, auf der linken Seite bezeichnet X den Speicherplatz, an dem das Ergebnis abgelegt wird. Der Wert der Variablen X ist vor und nach der Anweisung somit unterschiedlich.

10.2.2 Einfache Datenstrukturen

Um komplexe Objekte zu beschreiben werden im Allgemeinen mehrere Datenelemente mit unterschiedlichen Datentypen benötigt. Die Aggregation mehrerer Datenelemente bildet somit ein komplexes Objekt (den komplexen Datentyp).



Eine **Aggregation** (engl.: aggregation) drückt aus, dass eine bestimmte konzeptionelle Einheit *Bestandteil* (engl.: part of) einer anderen ist.

Im Bereich der Datentypen ist die Aggregation ein Mittel, um mithilfe von einfachen Datentypen strukturierte Datentypen zu definieren. Durch die Aggregation werden entweder unterschiedliche oder gleichartige Datenelemente zu einem neuen Datenelement zusammengefasst. Datenelemente, die aus einer Aggregation entstanden sind, werden als *strukturierte Datenelemente* bezeichnet, andernfalls sind sie *atomar* (unstrukturiert).



Ein **Datensatz** (engl.: record) ist die Aggregation von *unterschiedlichen* Datenelementen. Die Aggregation von *gleichartigen* Datenelementen einer bestimmten Menge heißt **Array** (vielfach auch Feld, engl.: array).

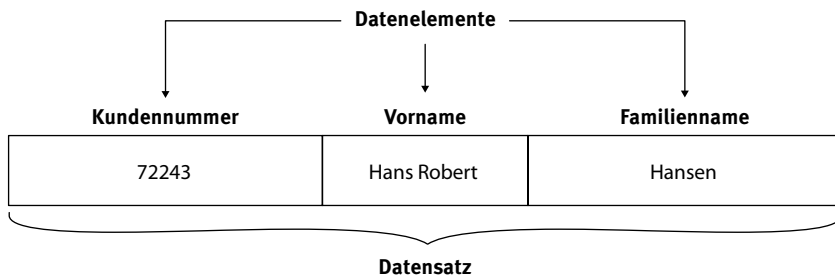


Abb. 10.5: Beispiel für einen Datensatz



In Abb. 10.5 ist ein komplexer Datentyp (Datensatz) für einen Kunden dargestellt, der Kundennummer, Vorname und Familienname enthält.

Datenelemente, die auf der konzeptionellen Ebene als *mehrwertige Attribute* (engl.: multi-valued attribute) modelliert wurden, können zu einem Zeitpunkt mehrere Werte besitzen. Folglich können diese durch einen *Array* realisiert werden.

In manchen Ländern leuchten bei Verkehrsampeln gleichzeitig mehrere Ampelfarben (beispielsweise rot und gelb gleichzeitig). Wenn die aktuell leuchtenden Farben der Ampel als ein *mehrwertiges Attribut* modelliert werden, so kann dieses durch einen Array realisiert werden. Die Anzahl der maximal gleichzeitig leuchtenden Farben entspricht der maximalen Anzahl der im Array aggregierten Datenelemente.

B

Die strukturierten Datenelemente entsprechen den komplexen Datentypen des Datensatzes und des Arrays. Komplexe Datentypen enthalten vielfach auch *Verweise* auf andere (komplexe) Datentypen. Die betroffenen Datenelemente stehen somit in Beziehung zueinander, ohne dass – wie bei der Aggregation – eines das andere enthält. Das entsprechende Konstrukt, die *Assoziation*, kann sowohl auf komplexe Datenelemente (beispielsweise Objekte) als auch auf elementare Datenelemente angewendet werden.

Für die Implementierung einer Assoziation sind Verweise notwendig, die zur eindeutigen Identifikation und zur korrekten Adressierung der referenzierten Datenelemente dienen. Diese Verweise können über *Zeiger* realisiert werden.

Unter einem **Zeiger** (engl.: pointer) versteht man einen Verweis (eine Referenz) auf eine Speicheradresse. Diese Speicheradresse entspricht dem Ort, an dem der Wert des referenzierten Datenelements gespeichert ist.

!

Da für Zeiger in der Regel Arbeitsspeicheradressen verwendet werden, können diese nur bei der Speicherung im Arbeitsspeicher eingesetzt werden. Bei der Speicherung auf externen Speichermedien werden entweder Schlüssel oder beispielsweise Datensatznummern verwendet, um Assoziationsbeziehungen zu realisieren.

Ein *Beispiel für eine Assoziation* in einem Bibliotheksverwaltungssystem ist der Verweis auf den Datensatz eines Kunden (des Entleihers) im Datensatz eines Buchexemplars.

B

Bei der Realisierung der Assoziation können somit entweder *Verweise* verwendet werden, die *impliziter Bestandteil des verweisenden Datensatzes* sind (Schlüssel), oder es können eigene *Assoziationstabellen* gebildet werden, die Verweise auf die beteiligten Datenelemente enthalten.

Die **Datenstruktur** (engl.: data structure) bezeichnet die Summe aller elementaren und komplexen Datenelemente inklusive ihrer Referenzen.

!

10.2.3 Graphenbasierte Datenstrukturen

In diesem Abschnitt behandeln wir *Assoziationsbeziehungen zwischen Datenelementen*. Diese Beziehungen werden durch Verweise von Datenelementen auf andere Datenelemente gebildet. Die hierbei entstehenden Datenstrukturen folgen je nach Organisationsform unterschiedlichen Gesetzmäßigkeiten. Diese Gesetzmäßigkeiten lassen sich durch die *Grundkonzepte der Graphentheorie* zusammenfassen.



Ein **Graph** (engl.: graph structure) ist eine Datenstruktur, die aus **Knoten** (engl.: node) und **Kanten** (engl.: edge) aufgebaut ist, wobei die Knoten durch Kanten verbunden sind. Man spricht von einem **gerichteten Graphen** (engl.: directed graph), wenn die Kanten nur in einer Richtung durchlaufen werden können, andernfalls ist der Graph **ungerichtet** (engl.: undirected graph).

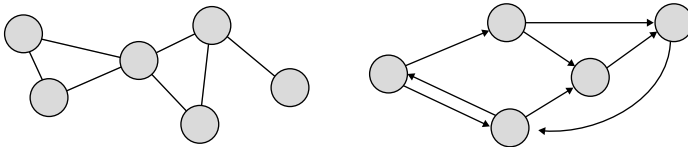


Abb. 10.6: Ungerichtete und gerichtete Graphstrukturen

Die Abb. 10.6 zeigt einen ungerichteten Graphen auf der linken Seite und einen gerichteten Graphen auf der rechten Seite. Graphen eignen sich als Repräsentation für unterschiedlichste Aufgabenbereiche (beispielsweise für Verkehrsnetze, Schaltpläne oder Kommunikationsnetze).

In Verbindung mit Datenstrukturen werden meist gerichtete Graphen verwendet, wobei die Knoten Datenelemente repräsentieren, während die Kanten Verweise zwischen diesen Datenelementen entsprechen. Allgemeine Graphen können beliebig komplexe Datenstrukturen repräsentieren. Die allgemeine Definition der (gerichteten) Graphen kann je nach Anwendungsfall weiter eingeschränkt werden, wodurch speziellere Datenstrukturen mit spezifischen Eigenschaften entstehen. Es werden hier nur kurz die wichtigsten Vertreter genannt.



Ein **gerichteter azyklischer Graph** (engl.: directed acyclic graph, häufige Abkürzung: DAG) ist ein gerichteter Graph, in dem keine Zyklen erlaubt sind.

Die Einschränkung der Zyklenfreiheit bedeutet, dass auf jedem Pfad des Graphen jeder Knoten nur einmal erreicht werden kann.

Unter einem **Pfad** (engl.: path) versteht man einen Weg, der ausgehend von einem Knoten über eine oder mehrere Kanten zu einem Zielknoten führt. !

Wäre die Einschränkung der Zyklenfreiheit verletzt, könnte man auf einem Pfad, der entlang der gerichteten Kanten verläuft, beliebig oft „im Kreis laufen“. Ein Knoten könnte dann auch sein eigener Vorgänger- oder Nachfolgerknoten sein.

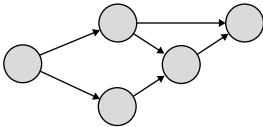


Abb. 10.7: Gerichteter azyklischer Graph

Gerichtete azyklische Graphen haben in vielen Daten- und Programmstrukturen eine große Bedeutung. Stellen sie sich ein Lexikon vor, in dem die definierten Begriffe durch den Graphen dargestellt werden. Die Abhängigkeiten der Begriffe bilden die Kanten. Der entsprechende Graph sollte nicht zyklisch sein, ansonsten wäre ein Begriff durch sich selbst definiert. B

Unter einem **Baum** (engl.: tree) versteht man einen gerichteten azyklischen Graphen mit einem Wurzelknoten, bei dem jeder Knoten maximal einen Vorgängerknoten besitzt. !

Wie Sie Abb. 10.8 entnehmen können, werden Baumstrukturen gewöhnlich „verkehrt herum“ gezeichnet – das heißt, mit der Wurzel nach oben. Wenn Sie diese Seite um 180 Grad drehen, dann befindet sich die Wurzel wie bei einem pflanzlichen Baum unten. Im Gegensatz zu azyklischen Graphen unterscheiden sich Baumstrukturen vor allem dadurch, dass von der Wurzel des Baums zu jedem Knoten genau nur ein Pfad existiert.

Bäume eignen sich gut für hierarchische Strukturen wie Klassifikationen (beispielsweise Klassifikation von Tieren und Pflanzen), aber auch für die Erklärung der Grammatik von Satzstrukturen, oder im Bereich der Informationssysteme für die Suche oder für Entscheidungsbäume. Oft werden auch Organigramme als Baum dargestellt. Aus Kapitel 4 kennen Sie Funktionshierarchieebäume. B

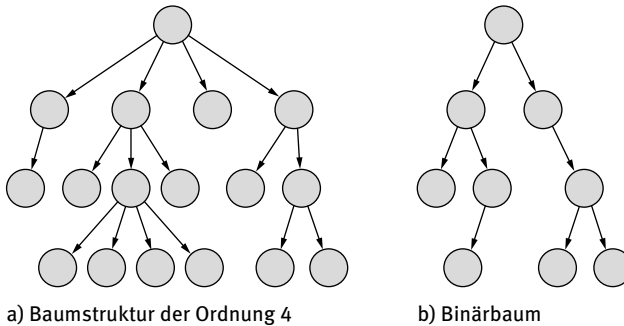


Abb. 10.8: Baumstrukturen

! Die **Ordnung (Grad)** bestimmt die maximale Anzahl der unmittelbaren Nachfolger eines Knotens eines Graphen. Ein *Baum der Ordnung zwei* heißt **Binärbaum** (oder *binärer Baum*, engl.: binary tree).

Die Abb. 10.8 zeigt einen Baum mit der Ordnung vier in Teilabbildung (a) und einen Binärbaum in Teilabbildung (b). Binäre Bäume sind einfache Datenstrukturen. Datenelemente in Binärbäumen bestehen aus einem Datenelement zur Repräsentation des Inhalts und aus zwei Verweisen auf die beiden Nachfolgerknoten. Ist kein Nachfolgerknoten gegeben, wird das entsprechende Verweisfeld meist auf einen ungültigen Wert (beispielsweise auf den Wert 0) gesetzt.

B Binäre Bäume werden vielfach für die Suche eingesetzt, wobei die beiden möglichen Nachfolgerknoten auch als „linke“ und „rechte“ Nachfolger bezeichnet werden. Bei diesen *binären Suchbäumen* werden die Knoten mit kleineren (Schlüssel-)Werten in den linken Nachfolgerknoten gehalten und die Knoten mit größeren (Schlüssel-)Werten in den rechten.

! Unter einer **linearen Liste** (engl.: linear list) versteht man einen Graphen der Ordnung eins. Jedes Listenelement besitzt maximal einen unmittelbaren Vorgängerknoten und maximal einen unmittelbaren Nachfolgerknoten. Das Äquivalent zur Wurzel des Baums heißt **Anker** (engl.: anchor) der Liste.

Lineare Listen repräsentieren die einfachsten Datenstrukturen. Listen werden aus Elementen aufgebaut, die aus einem Datenelement zur Repräsentation des Inhalts und aus einem Verweis auf den Nachfolgerknoten (das nachfolgende Listenelement) bestehen.

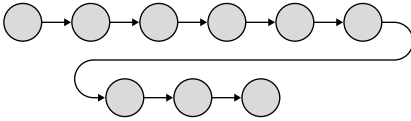


Abb. 10.9: Lineare Listenstruktur

Typische Anwendungen für lineare Listen sind Bestelllisten, Adresslisten, Listen von URLs (engl.: bookmark list), Listen von verfügbaren Funktionen usw.

B

10.2.4 Dateien

Bisher haben wir uns vor allem den allgemeinen Datenstrukturen gewidmet, unabhängig von ihrem Speicherort. In diesem Abschnitt wenden wir uns nun der dauerhaften (*persistenten*) Speicherung auf Datenträgern zu. Zur Speicherung auf Datenträgern werden primär Dateien verwendet.

Eine **Datei** (engl.: file) ist eine Sammlung von zusammengehörigen Daten, die primär zur dauerhaften (persistenten) Speicherung von Daten auf einem Speichermedium dient. Dateien besitzen einen Namen und werden über das Dateisystem des Betriebssystems verwaltet. Die wichtigsten Operationen, die mit Dateien durchgeführt werden, sind das Öffnen, Schließen, Kopieren, Umbenennen und Löschen von Dateien, sowie Lese-, Schreib- und Suchoperationen innerhalb der Datei. Die Art und Weise der Speicherung und Codierung der Dateiinhalte wird durch das **Dateiformat** (engl.: file format) bestimmt.

!

Wichtige Formen von Dateien sind *Textdateien* und *Binärdateien*, beziehungsweise Dateien mit *formatiertem* oder *unformatiertem* Inhalt. Textdateien enthalten nur druckbare und für Menschen direkt interpretierbare Zeichen, Binärdateien enthalten beliebige Zeichen, die in der Regel nur von bestimmten Programmen interpretiert und verarbeitet werden können. In formatierten Dateien hat jeder einzelne Datensatz der Datei denselben Aufbau, wobei oft die Repräsentationsgrößen (wie zum Beispiel die Länge der erlaubten Zeichenketten) vorgegeben sind.

Um Daten, die in Dateien gespeichert sind, von Programmen bearbeiten zu können, müssen diese Daten vom Speichermedium geladen werden. Hierbei bestimmt die Speicherorganisation, wie effizient auf die Daten zugegriffen werden kann.

Bei einer **sequenziellen Speicherform** (eng.: sequential storage) ist ausschließlich ein systematisches Durcharbeiten der Datenelemente innerhalb einer Datei von Beginn an möglich. Bei einer **direkt adressierbaren Speicherform** (engl.: direct access storage) kann bei Kenntnis der Adresse direkt auf ein Datenelement zugegriffen werden.

!

Die einzige mögliche Strategie, um bei sequenzieller Speicherform nach einem Datenelement zu suchen, ist das *sequenzielle Suchen*. Die Datei kann hierbei nur Datenelement für Datenelement durchsucht werden, bis das gewünschte Datenelement gefunden wird.

B

Nehmen wir an, in einem *Bibliotheksverwaltungssystem* werden Datensätze von 100.000 Büchern sequenziell gespeichert. Um einen bestimmten Datensatz zu finden, ist im besten Fall nur ein Zugriff notwendig (der gesuchte Datensatz ist der erste), und im schlechtesten Fall sind 100.000 Zugriffe nötig (der gesuchte Datensatz ist der letzte). Im Durchschnitt werden 50.000 Zugriffe für das erfolgreiche Suchen eines bestimmten Datensatzes in diesem Datenbestand benötigt. Ist die Suche nicht erfolgreich, werden 100.000 Datensätze (erfolglos) verglichen. Dauert beispielsweise eine Leseoperation 1 Millisekunde, dann beträgt die durchschnittliche Zugriffszeit auf einen Datensatz 50 Sekunden.

Die Zugriffszeiten können bei Kenntnis von Speicheradressen deutlich verbessert werden, da keine Suche notwendig ist. Es existieren Verfahren, die Speicheradressen aus Suchbegriffen algorithmisch ermitteln (Hash-Verfahren) oder die für Suchbegriffe Verweistabellen (sogenannte Indexdateien) anlegen (Indexverfahren). Die im Folgenden beschriebenen Datenbanksysteme unterstützen in der Regel mehrere effiziente Zugriffsverfahren, um die man sich als Anwendungsentwickler meist nicht im Detail kümmern muss.

10.3 Datenbanken

Wie in Kapitel 4 beschrieben, dient das konzeptionelle Datenmodell zur Darstellung des Fachkonzepts für die Datensicht eines Informationssystems. Um das Fachkonzept nutzen zu können, muss es entsprechend am Rechner in ein konkretes Datenmodell umgesetzt werden, wobei die Daten im Regelfall in einer Datenbank gespeichert werden.

!

Unter einer **Datenbank** (engl.: data base) versteht man einen zentral verwalteten Datenbestand, der über anwendungsunabhängige Zugriffsverfahren nutzbar gemacht wird. Das **Datenbankverwaltungssystem** (engl.: data base management system, abgekürzt: DBMS) verwaltet diesen Datenbestand und ermöglicht gleichzeitige Zugriffe von mehreren Anwendungsprogrammen und mehreren Benutzern auf diesen.

Mithilfe des Datenbankverwaltungssystems werden die Daten- und Zugriffsstrukturen definiert. Hierzu gehören beispielsweise die Definition von Datentypen und Attributen, die Definition von Zugriffspfaden und Zugriffsrechten.

Prinzipiell ist der Einsatz eines Datenbankverwaltungssystems für Anwendungssysteme nicht zwingend notwendig. Es wäre auch möglich, dass die Aufgaben der Datenverwaltung (beispielsweise das Speichern von Datensätzen, Suchfunktionen, Regelung von gleichzeitigen Zugriffen, Transaktionssicherheit) vom Anwendungsprogramm realisiert werden. Doch dies wäre für einen Anwendungsentwickler ein erheblicher Mehraufwand und ist für die meisten größeren betrieblichen Anwendungen keine Option.

Führende *Hersteller kommerzieller Datenbankverwaltungssysteme* sind Oracle, IBM (DB2) und Microsoft (SQL Server). Darüber hinaus stehen leistungsfähige Datenbankverwaltungssysteme in Form von freier *Open-Source-Software* zur Verfügung; am verbreitetsten sind MySQL, MongoDB, PostgreSQL und SQLite.

B

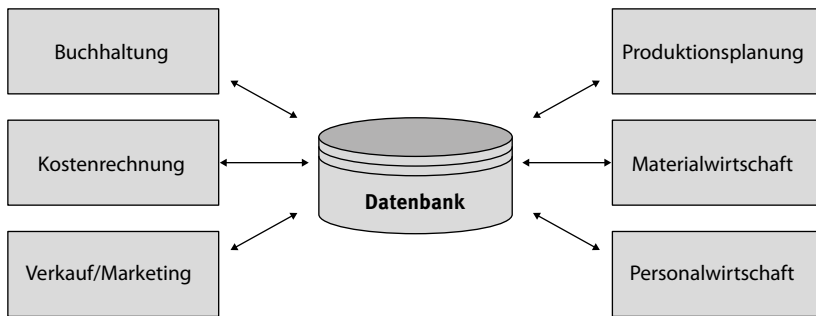


Abb. 10.10: Zentrale Datenbank für die Verwaltung des gemeinsamen Datenbestands

Das Datenbankverwaltungssystem verwaltet den gemeinsamen Datenbestand, der von mehreren Anwendungssystemen genutzt werden kann (siehe Abb. 10.10). Während das Datenbankverwaltungssystem Probleme wie beispielsweise die effiziente Datenspeicherung, die Regelung der Zugriffsrechte oder die Behandlung gleichzeitigen Zugriffs mehrere Anwender zentral behandelt, erfolgt die Verarbeitung und Auswertung der Daten durch Anwendungsprogramme, die über das Datenbanksystem auf die Daten zugreifen und diese verändern können.

Durch die Verwendung eines Datenbanksystems für ein *Bibliotheksinformationssystem* können mehrere Anwendungsprogramme (zur Budgetabrechnung, zur Buchinventarisierung usw.) auf den gleichen Datenbestand zugreifen und müssen die Datenverwaltung nicht selbst übernehmen. Die fachlichen Aufgabenstellungen werden auf diese Weise weitgehend von der Problematik der Datenorganisation und -speicherung getrennt. Die Gesamtheit der zu verarbeitenden Daten einer Bibliothek, also die Daten über Bücher, Kunden, Entleihungen, Bibliotheksangestellte usw., können somit zentral von einem Datenbankverwaltungssystem verwaltet werden.

B

10.3.1 Eigenschaften von Datenbanksystemen

Datenbanksysteme kommen in sehr unterschiedlichen Bereichen zum Einsatz, die unterschiedliche Eigenschaften der Systeme erfordern. Zu wichtigen Eigenschaften der Datenbanksysteme zählen die Transaktionsorientierung, die Skalierbarkeit des Datenbanksystems (welche Datenmenge kann verwaltet werden), die Unterstützung eines expliziten Zeitbezugs bei Speicherung und Abfrage der Daten.

Transaktionsorientierte Datenbanksysteme

Betriebliche Informationssysteme sind Systeme, die von einer Vielzahl von Benutzern gemeinsam und vielfach auch gleichzeitig genutzt werden. Viele der Operationen beziehen sich auf beschränkt verfügbare Realweltgüter, wie beispielsweise Sitzplätze in einem Flugzeug oder verfügbare Produkte in einem Lager. Bei mehr oder minder gleichzeitigen Operationen kann dann nur eine einzige durchgeführt werden, die anderen müssen zurückgewiesen werden. Viele Geschäftstransaktionen verlangen zudem, dass mehrere Änderungen im Datenbestand gemeinsam vorgenommen werden müssen. Dies bedeutet, dass bei konfliktären Aktualisierungen unter Umständen bereits realisierte Veränderungen in der Datenbank wieder rückgängig gemacht werden müssen.



Datenbankoperationen, die durch mehrere Einzelschritte (Aktionen) durchgeführt werden, werden als **Transaktionen** (engl.: transaction) bezeichnet.

Transaktionen dürfen nur ganz oder gar nicht durchgeführt werden, nur teilweise durchgeführte Transaktionen würden zu Inkonsistenzen führen. Ein Datenbanksystem muss deshalb Mechanismen anbieten, die konkurrierende Zugriffe auf Ressourcen regeln und Konsistenz gewährleisten. Die folgenden, sogenannten *ACID-Eigenschaften* (engl.: ACID properties) definieren das gewünschte Verhalten von Datenbanksystemen:

1. *Atomarität* (engl.: *atomicity*): Die Eigenschaft der Atomarität verlangt, dass alle Operationen entweder ganz oder gar nicht durchgeführt werden. Wenn das System feststellt, dass eine begonnene (komplexe) Operation nicht abgeschlossen werden kann, dann müssen auch alle bereits begonnenen Operationen zurückgesetzt werden. Aus der Sicht eines Benutzers sollen alle Operationen atomar (als unteilbares Ganzes) erscheinen.
2. *Konsistenz* (engl.: *consistency*): Alle Veränderungen in einer Datenbank sollen von einem gültigen Zustand in einen anderen gültigen Zustand des Datenbestands führen. Wenn beispielsweise ein Benutzer eine Buchung stor-

niert, müssen alle damit verbundenen Datenbestände aktualisiert werden (freie Plätze, Abbuchungen usw.).

3. *Isolation* (engl.: *isolation*): Eine Operation soll von den Ergebnissen von anderen gleichzeitig aktiven Operationen unbeeinflusst ablaufen. Aus der Sicht des Benutzers dürfen keine Zwischenergebnisse von gleichzeitigen Anfragen anderer Benutzer die Ergebnisse beeinflussen.
4. *Dauerhaftigkeit* (engl.: *durability*): Sobald eine Datenbankoperation erfolgreich abgeschlossen wurde, muss das Ergebnis auch dauerhaft in der Datenbank abgespeichert sein (auch wenn beispielsweise unmittelbar nach Abschluss der Operation der Rechner abstürzt).

Das Akronym „ACID“ ergibt sich aus den ersten Buchstaben der englischsprachigen Bezeichnungen der gewünschten Eigenschaften. Die Einhaltung der ACID-Prinzipien ist insbesondere bei Buchungssystemen essenziell.

Beachten Sie, dass möglicherweise bei der Buchung der letzten verfügbaren Theaterkarte über das Internet auch andere Interessenten mehr oder minder gleichzeitig die Karte kaufen wollen. Der Kauf der Karte wird letztendlich durch die Verbuchung der Zahlungsmodalitäten abgeschlossen. Es könnte sein, dass andere teilweise abgeschlossene Buchungen abgebrochen werden müssen.

B

Bei manchen Anwendungen sind nicht alle ACID-Eigenschaften notwendig. Die strengen Konsistenzeigenschaften werden beispielsweise bei NoSQL-Datenbanksystemen reduziert (wir kommen später darauf zurück), weil vielfach die Verteilbarkeit auf viele Rechner und das Antwortzeitverhalten wichtiger als die Konsistenz sind. Bei In-Memory-Datenbanken wird der Aspekt der Dauerhaftigkeit verletzt, allerdings steht dort das Antwortzeitverhalten im Vordergrund.

Unter einer **In-Memory-Datenbank** (engl.: *in-memory database*, abgekürzt: *IMDB*) versteht man eine Datenbank, die nur den (flüchtigen) Arbeitsspeicher für die Datenhaltung nutzt. Durch den Entfall des Zugriffs auf externe Speicher sind die Zugriffs- und Verarbeitungszeiten sehr kurz, allerdings können bei Systemabstürzen Daten verloren gehen.

!

Historische und temporale Datenbanksysteme

Viele Attributwerte betrieblich relevanter Objekte der Realwelt ändern sich im Zeitablauf. So sind zum Beispiel bei Mitarbeitern Daten wie Nationalität, Familienstand, Steuerklasse und Gehalt prinzipiell veränderlich. In betrieblichen Informationssystemen werden überholte Daten in der Regel gelöscht beziehungsweise bei Änderung überschrieben. Dadurch wird ausschließlich *der aktuelle*

Zustand von Objekten und Beziehungen in der Datenbank gespeichert. Für viele betriebliche Aufgaben ist es wichtig, die Veränderung der Werte über die Zeit verfolgen zu können, oder abfragen zu können, wie der Zustand vor einiger Zeit gewesen ist.



Man unterscheidet zwischen **historischen Datenbanken** (engl.: historical database), die Abfragen über Zustände und Ereignisse zu einem früheren Zeitpunkt erlauben, und **temporalen Datenbanken** (engl.: temporal database), die eine bidirektionale Zeitsicht unterstützen, die also auch Abfragen über den Kenntnisstand der Zukunft erlauben. Eine temporale Datenbank speichert neben den Attributwerten Zeitmarken ab, die die Gültigkeit der Information beschreiben.

Bei temporalen Datenbanken wird eine einmal erfasste Information bei ihrem Ungültigwerden nicht gelöscht, sondern wird durch eine neue Information mit aktuelleren Zeitmarken ergänzt. Dadurch kann eine vollständige Historie der Daten und Beziehungen innerhalb der Datenbank gehalten werden. Durch temporale Datenbanken wird die Nachvollziehbarkeit von Entscheidungen und Transaktionen deutlich erhöht, weil auch zu einem späteren Zeitpunkt der Kenntnisstand und der Systemzustand zu jedem beliebigen früheren Zeitpunkt innerhalb der gespeicherten Historie abgefragt werden kann.



Blockchain (engl.: blockchain) ist eine Form einer historischen Datenbank, bei der Einträge in der Datenbank nicht nur nicht gelöscht werden können, sondern bei der die Unveränderbarkeit der Daten zudem durch kryptografische Prüfsummen zugesichert wird. Häufig werden die Transaktionsverzeichnisse laufend auf mehrere Rechner kopiert (Replikation), sodass auch bei Ausfall eines Rechners die gesamte Transaktionsgeschichte erhalten bleibt.

Blockchains bilden eine Grundlage fälschungssicherer Datenbanken, bei denen technisch verhindert wird, dass im Nachhinein Daten verändert werden können. Dies ist besonders dann wichtig, wenn die Nachvollziehbarkeit von Transaktionen gewährleistet werden muss. Damit können fälschungssichere Transaktionsverzeichnisse geschaffen werden, ohne dass eine vertrauenswürdige Instanz benötigt wird.



Beispiele für Blockchain-Anwendungen reichen von Finanztransaktionen, digitalen Währungssystemen (Bitcoin) über Rechnungsprüfung und Vertragsmanagement bis zu medizinischen Daten oder durchgeführten Umweltschutzmaßnahmen.

10.3.2 ANSI-SPARC-Dreischichtenmodell

Nun wenden wir uns der Frage zu, wie die Aufgaben in transaktionsorientierten *Datenbankverwaltungssystemen* strukturiert werden können. Hierfür bietet das

ANSI-SPARC-Dreischichtenmodell einen Abstraktionsansatz an, der es erlaubt, für die Entwicklung von Informationssystemen wesentliche Aspekte getrennt voneinander behandeln zu können.

Das ANSI-SPARC-Dreischichtenmodell betont die Aufgabendtrennung zwischen Datenbanksystem und Anwendungssystem. Das bedeutet sowohl eine Entkopplung des konzeptionellen Datenmodells von der physischen Realisierung (der Speicherung), als auch die Erreichung einer weitgehenden Unabhängigkeit zwischen Anwendungsprogrammen und Datenbanksystem. Das Dreischichtenmodell definiert folgende *Schichten* zur Betrachtung eines Datenbanksystems (siehe Abb. 10.11):

- die externe Schicht (externe Sichten),
- die konzeptionelle Schicht und
- die interne Schicht.

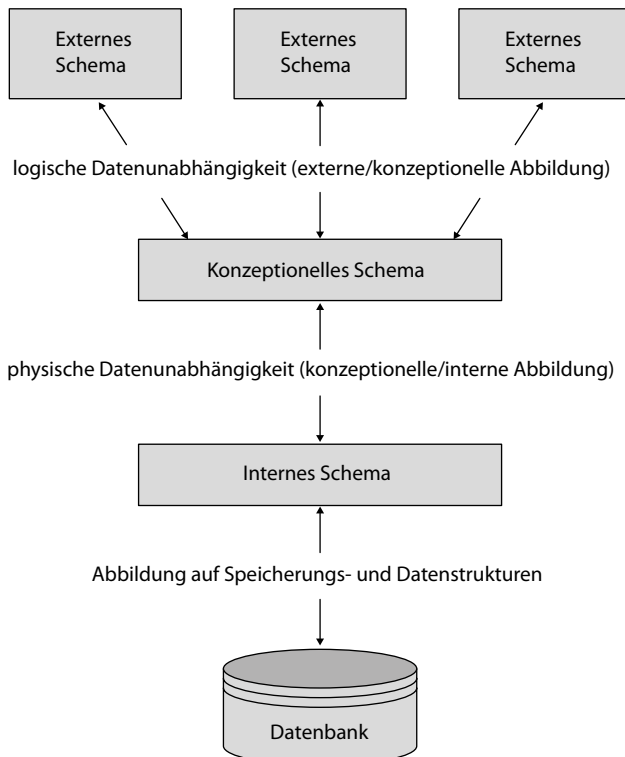


Abb. 10.11: ANSI-SPARC-Dreischichtenmodell

Das Dreischichtenmodell hat das Ziel, die *physische* und *logische Datenunabhängigkeit* eines Datenbanksystems zu erreichen, wobei die Trennung von Anwendungsprogramm und Datenhaltung im Vordergrund steht. Die *physische Datenunabhängigkeit* (oder *Implementierungsunabhängigkeit*) hat zum Ziel, die konzeptionelle Schicht von der für die Speicherung der Daten gewählten Datenstruktur zu entkoppeln. Eine Veränderung der physischen Speicherstruktur verlangt somit keine Veränderung des Anwendungsprogramms und umgekehrt. Die *logische Datenunabhängigkeit* (*Anwendungsunabhängigkeit*) hat zum Ziel, das Datenbanksystem von Änderungen und Erweiterungen der Anwendungsschnittstellen zu entkoppeln (und umgekehrt).

Externe Schicht

Unterschiedliche Anwendungsprogramme beziehungsweise unterschiedliche Benutzer benötigen im Normalfall nicht alle im konzeptionellen Modell definierten Objekttypen und Attribute, sondern nur einen jeweils anwendungsrelevanten Ausschnitt. Entsprechend soll jede Anwendung auch nur Zugang zu bestimmten Daten erhalten. Ausschnitte des konzeptionellen Modells werden (*Benutzer-)*Sichten (engl.: view) genannt.

B

Ein Angestellter, der in einer Bibliothek lediglich Bücher verschlagwortet, benötigt zum Beispiel keinen Zugriff auf die Kundendaten der Bibliothek. Entsprechend benötigt das von dieser Person eingesetzte Anwendungsprogramm nur Zugriff auf einen schmalen Ausschnitt der Datenbank.

!

Die **externen Schemata** (engl.: external schema) beschreiben jene Ausschnitte des konzeptionellen Schemas, die für einzelne Anwendungen relevant sind. Ein externes Schema ist eine abgegrenzte, anwendungs- und benutzerspezifische Sicht auf eine Datenbank, die jeweils genau an die spezifischen Bedürfnisse angepasst ist.

Konzeptionelle Schicht

Das bei der Entwicklung eines Informationssystems entworfene *konzeptionelle Datenmodell* beschreibt den Realitätsausschnitt, der in der Datenbank dargestellt werden soll. Dieses Modell ist unabhängig von der Realisierung in einem konkreten Datenbankverwaltungssystem. Für ein spezielles Datenbanksystem ist es notwendig, *das konzeptionelle Datenmodell in ein konkretes Datenmodell umzuwandeln*, das von dem entsprechenden Datenbanksystem unterstützt wird.

Das **konzeptionelle Schema** (engl.: conceptual schema) ist das Ergebnis der Abbildung eines konzeptionellen Datenmodells in ein konkretes Datenmodell, das in einem bestimmten Datenbanksystem implementiert werden kann. 

Das konzeptionelle Schema hängt somit einerseits vom konzeptionellen Datenmodell und andererseits vom gewählten Datenmodell des Datenbanksystems ab. Die wichtigsten Datenmodelle für Datenbanksysteme sind in historisch-chronologischen Reihenfolge das hierarchische Datenmodell, das Netzwerkdatenmodell und das relationale Datenmodell, wobei letzteres das am weitesten verbreitete ist.

Interne Schicht

Die **interne Schicht** (engl.: internal level) eines Datenbanksystems bestimmt die physische Datenorganisation (= physische Anordnung der Daten auf den peripheren Speichern) und legt die Zugriffspfade für die Daten fest. Die Zielsetzung ist hierbei eine minimale Zugriffszeit bei möglichst optimaler Speicherplatzausnutzung. Häufig auftretende Operationen (Abfragen oder Änderungen) in der Datenbank sollen besonders schnell durchgeführt werden können. 

Diese Ziele können durch die Wahl geeigneter Datenstrukturen, Speicher- und Suchalgorithmen, durch die Orientierung an Hardwareeigenschaften (beispielsweise Größe von Datenblöcken) und andererseits durch die spezielle Auszeichnung einzelner Attribute als Schlüssel erreicht werden. Zur Realisierung schneller Zugriffe werden effiziente Datenstrukturen gewählt, die beispielsweise auf Baumstrukturen basieren.

10.3.3 Relationales Datenmodell

Das heute mit Abstand wichtigste und am weitesten verbreitete Datenbankmodell ist das relationale Datenmodell. Dieses Datenmodell erreicht hohe logische Datenunabhängigkeit und ermöglicht eine abstrakte und problemorientierte Sicht der Daten.

Das Grundelement des **relationalen Datenmodells** (Relationenmodell, engl.: relational data model) ist die **Relation** (oder genauer: das Relationsschema). Jede Relation besitzt einen *Namen* und enthält *Attribute*. Die entsprechenden Werte werden in *Tabellen* gespeichert, wobei jede Spalte der Tabelle die Werte für ein bestimmtes Attribut und jede Zeile (*Tupel*) zusammen. 

mengehörige Werte für eine Ausprägung repräsentiert. Der Name der Tabelle entspricht dem Namen der Relation.

Relationen können sowohl für die Speicherung von *Objekttypen* als auch für die Speicherung von *Beziehungstypen* aus dem konzeptionellen Datenmodell verwendet werden.

! Alle Relationen eines Anwendungsbereichs gemeinsam bilden das **relationale Schema** (engl.: relational schema), alle Tabellen gemeinsam bilden die **relationale Datenbank** (engl.: relational database). Die Verwaltung der relationalen Datenbank wird von einem **relationalen Datenbankverwaltungssystem** (engl.: relational database management system, abgekürzt: RDBMS) übernommen. Das Relationenmodell unterstützt allgemeine, deskriptive Datenbanksprachen, mittels derer Datenbanken erstellt, verändert und abgefragt werden können.

Der Begriff der *Relation* wird in der Literatur häufig sowohl für die Struktur der Tabelle (Schema) als auch für die Menge aller Tupel verwendet. In diesem Buch werden wir für die Menge aller Tupel aber immer den Begriff „Tabelle“ verwenden.

! Ein **Schlüssel** (engl.: key) ist ein Attribut oder eine Kombination mehrerer Attribute eines Objekttyps, um das Objekt eindeutig zu identifizieren. Ein Attribut, das diese Eigenschaft aufweist, nennt man **Schlüsselattribut** (engl.: key attribute). Ein **Primärschlüssel** (engl.: primary key) ist ein Schlüssel, der tatsächlich primär dazu verwendet wird, Objekte eines Objekttyps eindeutig zu identifizieren. Die weiteren Schlüssel des Objekts nennt man **Sekundärschlüssel** (engl.: secondary key).

B Abb. 10.12 zeigt ein Beispiel für die Tabelle PERSON mit Name und Adresse. Die entsprechende Relation wird wie folgt angeschrieben, wobei der Primärschlüssel unterstrichen wird:

PERSON(Personennummer, Name, PLZ, Ort, Land)

Person	<u>Personennummer</u>	Name	PLZ	Ort	Land
	P1	Kafka	110 00	Prag	Tschechien
	P2	Hansen	1010	Wien	Österreich
	P3	Torberg	1010	Wien	Österreich

Abb. 10.12: Darstellung der Tabelle „Person“

Eine wichtige Eigenschaft von relationalen Datenbanken ist, dass die Tabellenstruktur nicht verschachtelt ist (Tabellenzellen sind atomar, enthalten genau einen Wert, können beispielsweise keine Tabellen enthalten). Nur wenn Attribute nicht weiter in Unterattribute zerlegbar (also atomar) sind, können diese Daten in einem relationalen Modell in der Form von *zweidimensionalen Tabellen* gespeichert werden. Die Eigenschaft der Atomarität der Attribute ist ein wesentlicher Unterschied zu nicht relationalen Modellen, die wir später besprechen werden.

Das relationale Datenmodell *unterstützt nicht das Konzept der Objektidentität*. Zwei Objekte, die durch zwei wertgleiche Tupel repräsentiert sind, werden im relationalen Modell als identisch betrachtet.

10.3.4 Regeln zur Definition von Tabellen

Für die *Definition von Relationen* existiert ein umfangreiches *formales Regelwerk*, durch das gewisse Eigenschaften der relationalen Datenbank absehbar und bestimmbar werden. Um die Semantik des Anwendungsbereichs korrekt festzulegen und entsprechend inkorrekte Tupel zu erkennen und zu eliminieren, werden *Einschränkungen* definiert. Diese Einschränkungen können entweder Werteinschränkungen sein (beispielsweise soll das Attribut „Alter“ nur Werte zwischen 0 und 200 annehmen) oder Abhängigkeiten zwischen den Attributen. Die *wichtigsten Abhängigkeiten* sind funktionale Abhängigkeiten und Inklusionsabhängigkeiten. Sind in einer Datenbank alle Abhängigkeiten korrekt erfüllt, so ist die Datenbank *konsistent*.

Eine **funktionale Abhängigkeit** (engl.: functional dependency) zwischen den Attributmengen X und Y besteht dann, wenn für jede Ausprägung von X eine eindeutige Ausprägung von Y existiert. Man sagt „ X bestimmt Y “ oder „ Y hängt funktional von X ab“.



Stimmen zwei unterschiedliche Tupel in den Attributen X überein, so besagt die funktionale Abhängigkeit, dass diese auch in den Attributen Y übereinstimmen müssen, andernfalls ist die funktionale Abhängigkeit verletzt. X ist möglicher Schlüssel für Y .

Zum *Beispiel* hängen in der Bibliotheksdatenbank *Titel*, *Standortnummer*, *Verlag* usw. funktional von der *Inventarnummer* ab. Die Inventarnummer eignet sich somit als Primärschlüssel der Relation.



Funktionale Abhängigkeiten bestimmen somit Abhängigkeiten zwischen Attributen einer Relation. Inklusionsabhängigkeiten bestehen hingegen zwischen Attributen unterschiedlicher Relationen.



Eine **Inklusionsabhängigkeit** (engl.: inclusion dependency) definiert, dass sämtliche Ausprägungen eines Attributs (einer Attributmenge) in den Ausprägungen eines anderen Attributs (einer anderen Attributmenge) enthalten sein müssen.

Durch Inklusionsabhängigkeiten können somit Verknüpfungen zwischen Tabellen realisiert werden.



Man kann durch eine Inklusionsabhängigkeit beispielsweise definieren, dass für jeden Kunden, der eine Bestellung aufgibt, auch eine Zustelladresse bekannt sein muss, oder in anderen Worten formuliert, ein Eintrag in einer Relation mit den Adressdaten des Kunden existieren muss.

Inklusionsabhängigkeiten sind generell wichtig, um sicherzustellen, dass Verweise von einer Tabelle auf eine andere Tabelle aufgelöst werden können. Um sich von einem Tupel einer Relation R_1 eindeutig auf ein Tupel einer anderen Relation R_2 beziehen zu können, wird in R_1 ein Attribut X verwendet, das den Schlüssel Y der Relation R_2 als Wert enthält. Hierbei wird X (das referenzierende Attribut) als *Fremdschlüssel* bezeichnet, der Schlüssel von R_2 ist das referenzierte Attribut.

Die Ausprägungen von X in R_1 müssen hierbei auch als Werte von Y in R_2 auftreten (inkludiert sein), andernfalls enthält der Fremdschlüssel einen ungültigen Wert. Wird ein Tupel von R_2 gelöscht, so müssen auch alle referenzierenden Tupel gelöscht (oder geändert) werden, andernfalls ist die *referenzielle Integrität* (engl.: referential integrity) verletzt und der Fremdschlüssel verweist auf ein nicht mehr existierendes Tupel.

Produkt			Preis	
Produkt-Nr.	Bezeichnung	Preisgruppe	Preisgruppe	Betrag
Prod1	Notizblock A4 kariert	G3	G1	0,50
Prod2	Notizblock A5 liniert	G2	G2	1,50
Prod3	Notizblock A4 liniert	G3	G3	3,00
Prod4	Notizblock A6 glatt	G1	G4	3,25
Prod5	Kopierpapier 500 Blatt	G7	G5	5,00
Prod6	Notizblock A4 glatt	G3	G6	5,50

Abb. 10.13: Darstellung der Tabellen „Produkt“ und „Preis“ mit Fremdschlüssel „Preisgruppe“

Wird in einer Datenbank aus der Tabelle „Preis“ eine *Preisgruppe* mit dem Primärschlüssel „G1“ gelöscht und existiert in der Tabelle „Produkt“ ein Verweis auf diese Preisgruppe, so muss dieser Verweis ebenfalls gelöscht werden, ansonsten ist die referenzielle Integrität verletzt (siehe Abb. 10.13). B

Die systemtechnische Unterstützung der referenziellen Integrität ist eine wichtige Eigenschaft zur Aufrechterhaltung der Konsistenz der geforderten *ACID-Eigenschaften*. Bei relationalen Datenbanksystemen kann beispielsweise bei der Definition von Fremdschlüsseln festgelegt werden, dass im Falle einer Löschoperation auch automatisch Tupel gelöscht werden sollen, die von den gelöschten Tupeln referenziert werden.

Wir sind bis jetzt davon ausgegangen, dass Relationen bereits gebildet wurden. Für die *Bildung von Relationen* aus einer Menge von Attributen wird das Konzept der *Normalisierung* angewendet.

Bei der **Normalisierung** (engl.: normalization) eines relationalen Schemas werden die Attribute derart auf Relationen verteilt, dass beim Einfügen, Löschen oder Ändern von Datensätzen keine Inkonsistenzen auftreten. !

Die *Normalisierung* hat somit das *Ziel*, inkorrekte oder fehleranfällige Konstruktionen bereits beim Entwurf der Relationen zu verhindern. Die wichtigsten Regeln, um dies zu erreichen, sind die drei *Normalformen* nach *Codd (1970)*. Der Prozess der Normalisierung führt in der Regel zu einer Aufspaltung oder Neudefinition von elementaren Relationen. Wir werden hier nicht weiter auf die allgemeinen Regeln der Normalisierung eingehen, da sie für die Umwandlung von ER-Diagrammen in relationale Schemata nicht notwendig sind.

10.3.5 Ableitung von relationalen Schemata aus ER-Diagrammen

Aus einem ER-Diagramm kann auf automatisierte Weise durch folgende sechs Regeln ein Relationenschema in *dritter Normalform* erzeugt werden:

- 1) *Entitätstypen* (als Rechtecke visualisiert) werden zu Tabellen. Der Name der Tabelle entspricht dem Namen des Objekttyps.
- 2) *Attribute* jedes Entitätstyps (als Ovale visualisiert) werden den entsprechenden Tabellen zugeordnet. Sie repräsentieren die Spalten einer Tabelle. Die identifizierenden Attribute werden zu Primärschlüsseln.
- 3) *Mehrwertige Attribute* werden auf eigene Tabellen abgebildet. Dabei werden der Primärschlüssel des Objekttyps und das mehrwertige Attribut selbst zu den Spalten dieser neuen Tabelle.

- 4) Um *1:1-Beziehungen* (Beziehungen werden generell als Raute visualisiert) abzubilden, muss der Primärschlüssel eines der beteiligten Entitätstypen als Fremdschlüssel in die Tabelle des anderen Entitätstyps aufgenommen werden. Über den Fremdschlüssel lassen sich Datensätze dieser beiden Tabellen in Beziehung setzen.
- 5) Bei *1:n-Beziehungen* wird der Primärschlüssel des Entitätstyps auf der durch „1“ gekennzeichneten Seite als Fremdschlüssel in die Tabelle des anderen Entitätstyps aufgenommen. Zusätzlich werden Attribute, die der Beziehung zwischen den beiden Entitätstypen direkt zugeordnet sind, ebenfalls in die Tabelle des Entitätstyps auf der „n-Seite“ der Beziehung aufgenommen.
- 6) Bei *n:m-Beziehungen* zwischen Entitätstypen wird jeweils eine eigene Tabelle gebildet. Der Tabellename entspricht hierbei dem Beziehungsnamen. Die Attribute dieser Tabelle sind die Primärschlüssel der an der Beziehung beteiligten Entitätstypen, sowie, falls vorhanden, die der Beziehung direkt zugeordneten Attribute.

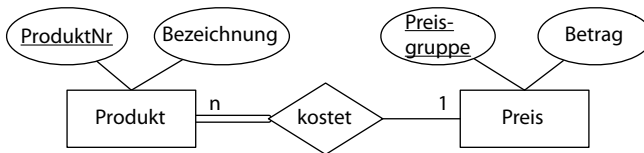


Abb. 10.14: Ausschnitt eines ER-Diagramms

Durch diese sechs Schritte lässt sich aus dem ER-Diagramm in Abb. 10.14 das relationale Schema in Abb. 10.15 erzeugen, wobei die Schritte 1, 2 und 5 angewendet wurden.

PRODUKT(ProduktNr, Bezeichnung, Preisgruppe)
 PREIS(Preisgruppe, Betrag)

Abb. 10.15: Relationales Schema für das ER-Diagramm in Abb. 10.14

10.3.6 Relationale Operationen

Das relationale Datenmodell definiert allgemeingültige (anwendungsunabhängige) Operationen, die auf Tabellen operieren. Auch die Ergebnisse dieser relationalen Operationen sind wiederum Tabellen, sodass auf uniforme Weise die Operationen beliebig kombiniert werden können. Diese Operationen dienen als

Basis jeder *Abfragesprache für relationale Datenbanken*. Die wichtigsten relationalen Operationen sind:

- *Selektion (engl.: selection)*: Auswahl einer Untermenge aller Tupel einer Tabelle,
- *Projektion (engl.: projection)*: Auswahl einer Untermenge der Attribute einer Relation und
- *Verbund (engl.: join)*: Verknüpfung von Tabellen anhand selektierter Attribute.

Ausgangstabelle

Personennummer	Name	PLZ	Ort	Land
P1	Kafka	110 00	Prag	Tschechien
P2	Hansen	1010	Wien	Österreich
P3				
P4				
P5				
P6				
P7				
P8				
P9				
P10				
P11				

Personennummer	Name	PLZ	Ort	Land
P2	Hansen	1010	Wien	Österreich
	Adams	CB30EQ	Cambridge	England
	Clemens	06876	Redding	USA
	Torberg	1010	Wien	Österreich
	Musil	9020	Klagenfurt	Österreich
	Neumann	1010	Wien	Österreich
P7	Torberg	1010	Wien	Österreich
	Schnitzler	1010	Wien	Österreich
P9	Neumann	1010	Wien	Österreich
P11	Schnitzler	1010	Wien	Österreich

Ergebnistabelle

Abb. 10.16: Beispiel für eine Selektion

Wie Sie in Abb. 10.16 sehen, werden bei einer Selektion aus einer gegebenen Tabelle einzelne Tupel entnommen. Das Ergebnis der Selektion ist – wie auch bei den anderen relationalen Operationen – wiederum eine Tabelle, auf die weitere relationale Operationen angewendet werden können.

Ausgangstabelle

Personennummer	Name	PLZ	Ort	Land
P1	Kafka	110 00	Prag	Tschechien
P2	Hansen	1010	Wien	Österreich
P3	Schiller	99423	Weimar	Deutschland
P4	Rosegger	8670	Krieglach	Österreich
P5	Adams			
P6	Clemens			
P7	Torberg			
P8	Musil			
P9	Neumann			
P10	Canetti			
P11	Schnitzler			

Name	PLZ	Ort
Kafka	110 00	Prag
Hansen	1010	Wien
Schiller	99423	Weimar
Rosegger	8670	Krieglach
Adams	CB3 0EQ	Cambridge
Clemens	06876	Redding
Torberg	1010	Wien
Musil	9020	Klagenfurt
Neumann	1010	Wien
Canetti	8001	Zürich
Schnitzler	1010	Wien

Ergebnistabelle**Abb. 10.17:** Beispiel für eine Projektion

Abb. 10.17 zeigt ein Beispiel für eine Projektion. Hierbei wird die resultierende Tabelle nicht aus den Zeilen, sondern aus den Spalten der Ausgangstabelle gebildet.

Produkt

ProduktNr	Bezeichnung	Preisgruppe
Prod1	Notizblock A4 kariert	G3
Prod2	Notizblock A5 liniert	G2
Prod3	Notizblock A4 liniert	G3
Prod4	Notizblock A6 glatt	G1
Prod5	Kopierpapier 500 Blatt	G7
Prod6	Notizblock A4 glatt	G3

Preis

Preisgruppe	Betrag
G1	0,50
G2	1,50
G3	3,00
G4	3,25
G5	5,00
G6	5,50

Abb. 10.18: Beispiel für einen Verbund von zwei Tabellen

Für einen Verbund sind zwei Tabellen notwendig, aus denen eine Ergebnistabelle ermittelt wird. Sie sehen in Abb. 10.18 den sogenannten natürlichen Ver-

bund, bei dem ein Attribut (das Verbundattribut) in zwei Tabellen enthalten ist (hier: *Preisgruppe*). Die resultierende Ergebnistabelle enthält alle Attribute der Ausgangstabellen. Die Tupel der Ergebnistabelle ergeben sich aus den Attributwerten der Ausgangstabellen in jenen Zeilen, in denen das Verbundattribut den gleichen Wert besitzt.

Sie sehen aus diesen Beispielen, dass die Basisoperationen für das relationale Datenmodell einfach zu verstehen sind. Aufbauend auf diesen relationalen Basisoperationen sind *mehrere relationale Datenbankabfragesprachen* definiert worden, von denen *SQL die wichtigste* ist.

10.3.7 SQL

Die **Structured Query Language** (abgekürzt: *SQL*) ist eine Definitions- und Abfragesprache für relationale Datenbanksysteme und stellt den *Marktstandard* für Datenbanksprachen dar. SQL ist eine sogenannte *relationen-algebraische Sprache*, die mächtige Ausdrucksmittel zur Abfrage und Verknüpfung von Tabellen zur Verfügung stellt. SQL ist *mengenorientiert* und *deskriptiv*. 

Mittels SQL werden die Tabellen in einem relationalen Datenbankschema definiert, es werden über SQL Daten in die Tabellen eingefügt und diese können wieder über SQL abgefragt werden. Grundoperationen sind die Selektion, die Projektion und der Verbund.

Mithilfe der *Datendefinitionsbefehle* von SQL werden das relationale Schema und die externen Sichten in einer relationalen Datenbank realisiert. Um die entsprechende Datenbankstruktur zu erstellen und zu verändern, werden die Befehle *CREATE*, *DROP* und *ALTER* verwendet. Mit dem Befehl *CREATE* können Tabellen, Benutzersichten (engl.: *view*) sowie Schlüssel definiert werden.

Das Beispiel in Abb. 10.19 zeigt, wie mittels SQL eine Tabelle *Produkt* mit dem Primärschlüssel *ProduktNr* und dem Fremdschlüssel *Preisgruppe* angelegt werden kann. Dies entspricht der Relation *Produkt* aus dem relationalen Schema aus Abb. 10.15. Für die Attribute werden die Datentypen definiert (*INTEGER* steht für ganzzahlige numerische Werte, *CHAR* für Zeichenfolgen, wobei auch die maximale Zahl der Zeichen angegeben wird). Mit *NOT NULL* wird definiert, dass das Attribut angegeben werden muss, *UNIQUE* bedeutet, dass der Wert eindeutig sein muss (Schlüsseleigenschaft). *PRIMARY KEY* legt den Primärschlüssel fest, *FOREIGN KEY* die Fremdschlüsselbeziehung. 

```
CREATE TABLE Produkt (
    ProduktNr INTEGER NOT NULL UNIQUE,
    Bezeichnung CHAR (250) NOT NULL,
    Preisgruppe CHAR (10) NOT NULL,
    PRIMARY KEY(ProduktNr),
    FOREIGN KEY(Preisgruppe) REFERENCES Preis(Preisgruppe)
)
```

Abb. 10.19: Datendefinition in SQL

Zur *Datenabfrage* stellt SQL den Befehl *SELECT* zur Verfügung. Die Datenabfrage realisiert die Projektion (Reduktion der Spalten), die Selektion (Reduktion der Zeilen) und den Verbund (Verknüpfung von Tabellen) der relationalen Algebra. Die Projektion wird durch die Angabe der Attributnamen bei der *SELECT*-Anweisung realisiert, wobei die angeführten Attributnamen aus den in der *FROM*-Klausel angeführten Tabellen stammen. Die Selektion erfolgt durch die Einschränkungen der (optionalen) *WHERE*-Klausel dieses Befehls. Der Verbund wird mit der Nennung der zu verknüpfenden Tabellen in der *FROM*-Klausel und der Auszeichnung der Verknüpfungsattribute in der *WHERE*-Klausel gebildet.

B

Das Beispiel in Abb. 10.20 zeigt, wie mittels SQL eine Abfrage formuliert wird. Es wird hier ein Verbund der Tabellen *Produkt* und *Preis* gebildet, wobei als Ergebnis der Abfrage die Attribute *ProduktNr*, *Bezeichnung* und *Preis* ausgegeben werden. Der Verbund entspricht der Abbildung Abb. 10.18.

```
SELECT ProduktNr, Bezeichnung, Preis
FROM Produkt, Preis
WHERE Produkt.Preisgruppe = Preis.Preisgruppe AND Betrag <= 3.0
```

Abb. 10.20: SQL-Abfrage

10.3.8 Nicht relationale Datenmodelle

Nicht relationale Datenmodelle sind Datenmodelle, die sich nicht am relationalen Datenmodell und der relationalen Algebra orientieren. Einige dieser Modelle sind älter als das relationale Datenmodell (beispielsweise das hierarchische Datenmodell und das Netzwerkdatenmodell). Eine sehr wichtige Restriktion des relationalen Datenmodells ist die Beschränkung auf atomare Attribute, die auch auf den Einschränkungen der Normalformen beruht. In den letzten Jahren wurden alternative Datenmodelle entwickelt, die – oft für spezielle Anwendungszwecke – diese Restriktion aufheben, und die beispielsweise die Speicherung und Abfrage von strukturierten Daten in einem Attribut erlauben. Die Reihenfolge der nachstehenden Datenmodelle orientiert sich an deren geschichtlicher Entwicklung.

In vielen Anwendungen werden häufig 1:n-Assoziationen benötigt (zum Beispiel Abteilung/Mitarbeiter, Kunde/Auftrag, Flugzeug/Passagier, Entleiher/Buch). Hierarchische Datenbanksysteme unterstützen die Definition dieser Beziehungstypen durch sogenannte *untergeordnete Satztypen* und erlauben den effizienten Zugriff entlang dieser Beziehungen.

Auf dem **hierarchischen Datenmodell** (engl.: hierarchical data model) basierende Datenbanksysteme repräsentieren Anwendungsdaten durch Baumstrukturen.



Im hierarchischen Datenmodell erfolgt der Zugriff auf die Daten in einer Datenbank immer ausgehend von dem Wurzelsegment, für das eine Baumstruktur gesucht wird, die den Suchkriterien entspricht. Für die kann man dann auf effiziente Weise auf die untergeordneten Satztypen zugreifen.

Das Netzwerkdatenmodell ist eine Weiterentwicklung des hierarchischen Datenmodells und basiert demgemäß auf ähnlichen Prinzipien.

Datenbanksysteme nach dem **Netzwerkdatenmodell** (engl.: network data model) stellen die Informationsstruktur durch Graphstrukturen dar.



Viele der grundlegenden Konzepte erweitern das hierarchische Datenmodell, wobei durch die Graphstruktur auch n:m-Beziehungen direkt abbildbar sind. Aktuelle *Graphdatenbanken* (engl.: graph database) erlauben die Daten als allgemeinen Graphen mit Kanten und Knoten zu modellieren, für die weitere Eigenschaften definiert werden können. Die Knoten entsprechen meist den Objekten des modellierten Realweltausschnitts, die Kanten entsprechen den Beziehungen.

Mit einer Graphdatenbank lassen sich auf sehr natürliche Weise Beziehungen in einem sozialen Netzwerk modellieren oder auswerten.



Das hierarchische Datenmodell und das Netzwerkdatenmodell stammen aus den 1960er und 1970er Jahren und wurden später weitgehend durch das relationale Datenmodell abgelöst. Interessanterweise erleben diese frühen Datenmodelle durch die dokumentenzentrierte Datenorganisation (beispielsweise mittels XML oder JSON) und das semantische Web gerade in den letzten Jahren eine Renaissance.

10.4 Dokumentzentrierte Datenorganisation

Die Daten vieler betrieblicher Anwendungen sind hierarchisch strukturiert. Denken Sie beispielsweise an logisch zusammengehörige Daten zu Produkten wie Produktbeschreibungen, Bestellungen, Lieferscheine. Werden diese Daten in relationalen Datenbanken gespeichert, so werden aus Anwendungssicht zusammengehörige Tupel meist über mehrere Tabellen verteilt gespeichert. Die Zusammengehörigkeit der Tupel für diese Entitäten ist aus den tabellarischen Daten nicht leicht ersichtlich und wird durch Abfragen in oftmals umfangreichen Tabellen realisiert. Auch für die automatisierte Weitergabe von entsprechenden Daten zwischen Informationssystemen eignet sich die tabellarische Struktur nicht sonderlich gut, da unterschiedliche Informationssysteme meist unterschiedliche relationale Schemata für semantisch ähnliche Daten verwenden. Für einen Datenaustausch zwischen Betrieben sind diese Strukturen somit nur beschränkt geeignet.

Wenn zwei Betriebe Daten austauschen wollen (beispielsweise entlang einer Lieferkette), wird ein möglichst allgemeines *Austauschformat* benötigt, das alle relevanten Daten in einer gemeinsamen Datenstruktur zusammenfasst.



Das **Datenaustauschformat** (engl.: data interchange format) dient als Schnittstelle zum Import und Export von Daten aus einem Informationssystem.

Durch gemeinsame *Austauschformate* ist es möglich, unabhängig von der Tabellenstruktur die für einen Geschäftsprozess relevanten Daten in einer einheitlichen Darstellung zusammenfassen und in einer strukturierten Form zu speichern. Hierfür eignen sich strukturierte Dokumente.



Ein **strukturiertes Dokument** (engl.: structured document) ermöglicht die gemeinsame Darstellung von semantisch zusammengehörenden Daten in einer gemeinsamen Datenstruktur. Diese Datenstruktur unterstützt die Speicherung, Übertragung und (teil-)automatisierte Weiterverarbeitung beliebiger Dateninhalte. Man spricht hierbei von einem Dokument, da diese Datenstrukturen nicht nur für den Rechner verarbeitbar sind, sondern auch von Menschen gelesen werden können.

Strukturierte Dokumente bieten den Vorteil, dass beispielsweise die gesamte Information einer Rechnung (Kundennummer, Kundenname, Artikelnummer, Artikelname, gekaufte Menge, zu bezahlender Preis usw.) jederzeit ohne weitere Suche innerhalb der Datenstruktur (dem Dokument) vorliegt und unmittelbar verarbeitet werden kann. Diese Datenstruktur entspricht dem zuvor genannten hierarchischen Datenmodell. Im Folgenden werden mit JSON und XML zwei

anwendungsneutrale Standards für strukturierte Dokumente vorgestellt, bevor auf die Nutzung dieser Standards in Datenbanksystemen eingegangen wird.

10.4.1 JSON

JSON ist ein Standard, der aus der Programmiersprache JavaScript kommt, die sehr weit für die Entwicklung von Benutzerschnittstellen in Webbrowsern verbreitet ist. Da Webentwickler entsprechend mit JavaScript arbeiten müssen, bietet JSON die Option, das syntaktisch gleiche Format für die Webprogrammierung und auch für die persistente Speicherung in der Datenbank zu nutzen.

JSON (Abkürzung von engl.: JavaScript object notation) ist ein offener Standard für die Beschreibung baumstrukturierter Daten. Ein JSON-Objekt kann weitere strukturierte oder nicht strukturierte Datenelemente enthalten (Aggregation), wobei jedes Attribut einen oder mehrere Werte enthalten kann (mehrwertige Attribute).



Abb. 10.21 zeigt, dass strukturierte Elemente im JSON-Format auch für den Menschen intuitiv lesbar sind. Zusammengesetzte Attribute werden bei JSON zwischen geschweiften Klammern geschrieben, mehrwertige zwischen eckigen Klammern (das ist die JSON-Syntax für einen Array). In dem Beispiel wird ein *Buch* durch mehrere weiter strukturierte Attribute beschrieben. Die Attribute *Autor* und *Schlagwörter* sind mehrwertig. Das mehrwertige Attribut *Autor* ist noch weiter strukturiert: jeder *Autor* ist mit *Vornamen* und *Familiennamen* gespeichert. Das Attribut *Schlagwörter* ist ein mehrwertiges Attribut mit atomaren Werten.

```
{
  "Titel": "Wirtschaftsinformatik",
  "Autor": [
    {"Vorname": "Hans Robert", "Familienname": "Hansen"},
    {"Vorname": "Jan", "Familienname": "Mendling"},
    {"Vorname": "Gustaf", "Familienname": "Neumann"}],
  "Verlag": "De Gruyter",
  "Schlagwörter": ["Wirtschaftsinformatik", "Einführung"]
}
```

Abb. 10.21: Beispiel eines JSON-Dokuments für ein Bibliothekssystem

Während JSON seine Verbreitung durch die Programmiersprache JavaScript fand, ist XML völlig programmiersprachenneutral und als reine Auszeichnungssprache definiert. Eine der Stärken von XML ist, dass rund um diese Spezifikation zahlreiche weitere Standards und Werkzeuge entstanden sind.

10.4.2 Extensible Markup Language (XML)

Die Grundlage von dokumentenzentrierten Beschreibungen strukturierter Daten bilden sogenannte *Auszeichnungssprachen*.



Eine **Auszeichnungssprache** (*Markup-Sprache*, engl.: markup language) ist eine Sprache, die Regeln zur Auszeichnung von Textelementen bereitstellt. Beliebigen Textelementen können Eigenschaften zugewiesen werden, wodurch die Bedeutung (Semantik) dieser Textelemente ausgedrückt werden kann. Zusätzlich ermöglicht dies die maschinelle Weiterverarbeitbarkeit. Die Textelemente werden durch eine **Startmarkierung** (engl.: start tag) eingeleitet, welche die Art der enthaltenen Daten bestimmt, und durch eine **Endmarkierung** (engl.: end tag) abgeschlossen.

Die Markierungen innerhalb der Texte können hierarchisch (geschachtelt) aufgebaut werden, das heißt, dass innerhalb eines markierten Textelements weitere Textelemente enthalten sein können. Durch die Markierungen werden die Dokumentinhalte strukturiert. Ein Programmsystem, das entsprechende Dokumente verarbeitet, kann auf Basis der Markierungen die Art der enthaltenen Daten ableiten und anschließend geeignet weiterverarbeiten.

Eine wichtige Auszeichnungssprache ist *HTML*, die für eine geräteunabhängige Gestaltung von Webdokumenten geschaffen wurde. HTML ist allerdings keine sehr flexible Auszeichnungssprache, da die in HTML erlaubten Markierungen fest in der Sprachdefinition von HTML vorgegeben sind und nicht anwendungsspezifisch erweitert werden können. Die in HTML vorgesehenen Markierungen sind *primär für die Darstellung* der Inhalte und für die Vernetzung der Information durch *Dokumentverweise* (engl.: link) geeignet.



XML (Abkürzung von engl.: extensible markup language) ist eine Metasprache für die Definition von anwendungsspezifischen Auszeichnungssprachen. Mittels XML können Auszeichnungssprachen für beliebige Anwendungsbereiche maßgeschneidert werden, um anwendungsspezifische Datenstrukturen zu beschreiben. Mittels XML werden Dokumenttypen definiert, die eine Klasse von *XML-Dokumenten* (beispielsweise Bestellungen) in ihrem Aufbau und ihren Inhalten festlegen. XML-Dokumente sind auch ohne anwendungsspezifische Werkzeuge für den Menschen intuitiv verständlich und sind zudem relativ einfach maschinell weiterverarbeitbar.

XML ist heute der mit Abstand wichtigste Standard für den Austausch von Daten zwischen Informationssystemen. Zahlreiche Standards bauen auf XML auf. Hierzu gehören beispielsweise Sprachen für Abfragen und die Transformation von Dokumenten, Standards für die Dienstnutzung und das Dienstangebot über das Web (engl.: web service), aber auch Standards für beispielsweise die Finanzberichterstattung, mit der Jahresabschlüsse an Behörden weitergegeben

werden; ein Beispiel hierzu ist XBRL (Abkürzung von engl.: extensible business reporting language).

10.4.3 XML-Dokumente

Abb. 10.22 zeigt als Beispiel eine Bestellung, die als XML-Dokument vorliegt. Ebenso wie bei unterschiedlichen relationalen Schemata könnte das XML-Dokument der Bestellung auch anders strukturiert werden oder es könnten andere Bezeichner verwendet werden. Das dargestellte XML-Dokument wurde für den Buchhandel entworfen und enthält die Liefer- und Rechnungsadresse, die bestellten Bücher sowie ein Kommentarfeld.

```
<?xml version="1.0" ?>
<Bestellung Datum="30.06.2018">
  <Lieferadresse>
    <Name>Peter Schmidt</Name>
    <Straße>Schleicher-Allee 11</Straße>
    <Stadt>Wien</Stadt>
    <Postleitzahl>1090</Postleitzahl>
    <Land>Österreich</Land>
  </Lieferadresse>
  <Rechnungsadresse>
    <Name>Andrea Müller</Name>
    <Straße>Getreidestraße 77</Straße>
    <Stadt>Wien</Stadt>
    <Postleitzahl>1200</Postleitzahl>
    <Land>Österreich</Land>
  </Rechnungsadresse>
  <Artikel>
    <Buch Kategorie="Belletristik" Verlag="Klett-Cotta">
      <Titel>Der Herr der Ringe - Die Gefährten (Teil 1)</Titel>
      <Autoren>J.R.R. Tolkien</Autoren>
      <Preis Währung="Euro">24.90</Preis>
      <ISBN-Nummer>3-608-95536-4</ISBN-Nummer>
      <Bestellmenge>1</Bestellmenge>
    </Buch>
    <Buch Kategorie="Belletristik" Verlag="Klett-Cotta">
      <Titel>Der Herr der Ringe - Die zwei Türme (Teil 2)</Titel>
      <Autoren>J.R.R. Tolkien</Autoren>
      <Preis Währung="Euro">24.90</Preis>
      <ISBN-Nummer>3-608-95537-2</ISBN-Nummer>
      <Bestellmenge>1</Bestellmenge>
    </Buch>
  </Artikel>
</Bestellung>
```

Abb. 10.22: Beispiel eines XML-Dokuments für eine Warenbestellung

Das in Abb. 10.22 dargestellte XML-Dokument ist auch für einen Sachbearbeiter intuitiv verstehbar. Dieses Beispiel zeigt bereits einen der Vorteile von XML. Bei Verwendung von XML lassen sich elektronische Dokumente so gestalten, dass sie sowohl für Menschen als auch für Maschinen leicht zu verarbeiten sind.

B

Exkurs: XML 1.0 wurde 1998 durch das W3C als Standard verabschiedet und liegt in der Version 1.1 (2. Revision) seit 2006 vor. Das W3C (Abkürzung von engl.: *World Wide Web Consortium*) ist eine Non-Profit-Organisation für die Weiterentwicklung von Internet-Techniken. Das W3C ist maßgeblich für die Entwicklung offener Standards verantwortlich, die die Interoperabilität von Webanwendungen sicherstellen sollen. Diese Standards werden öffentlich über das Internet für jedermann verfügbar gemacht. Das W3C wurde 1994 gegründet und hat heute über 450 Mitglieder. Hierzu gehören neben kommerziellen Unternehmen wie IBM, Microsoft oder Oracle auch Universitäten und andere Forschungseinrichtungen.

Die Struktur eines XML-Dokuments ergibt sich durch die Anordnung von Markierungen, die mittels Kleiner-Zeichen „<“ und Größer-Zeichen „>“ geklammert werden. Eine Endemarkierung beginnt mit einem Schrägstrich „/“. Eine Anfangs- und Endemarkierung bildet zusammen mit dem entsprechenden Inhalt ein *XML-Element*. XML verlangt, dass jedes nicht leere Element mit einer Endemarkierung abgeschlossen wird. Der *Inhalt* eines XML-Dokuments ergibt sich aus den Elementinhalten und kann somit klar von der *Strukturinformation* unterschieden werden. Leere XML-Elemente sind Elemente, die nur aus einer Markierung bestehen und (außer Attributen) keinen Inhalt aufweisen. Durch *XML-Attribute* kann für XML-Elemente weitere Zusatzinformation angegeben werden.

B

Beispiele für XML-Elemente sind in Abb. 10.22 *Buch* oder *Titel* oder *Preis*. Das XML-Element *Preis* ist ein Bestandteil des XML-Elements *Buch*. *Kategorie* und *Verlag* sind in dem Beispiel XML-Attribute des XML-Elements *Buch*.

In der XML-Terminologie werden die Grundelemente von XML-Dokumenten als *Entitäten* (engl.: entity) bezeichnet, die entweder *verarbeiteten Text* (engl.: parsed character data) oder *Rohtext* (engl.: unparsed character data) enthalten. Der verarbeitete Text umfasst sowohl den Dateninhalt als auch deklarative Textauszeichnungen, welche die logische Struktur des Dokuments beschreiben.

Der *Elementinhalt* (engl.: element content) eines XML-Elements kann prinzipiell wiederum aus anderen Elementen (geschachtelte Elemente) und Dateninhalten bestehen. *Rohtext* ist unstrukturiert und enthält keine Auszeichnungen und somit keine XML-Unterelemente. Welche Inhalte für ein bestimmtes XML-Element erlaubt sind und wie XML-Elemente ineinander geschachtelt werden dürfen, wird im Folgenden noch näher erläutert.

Zur maschinellen Verarbeitung von XML-Dokumenten dient ein Verarbeitungsprogramm, ein sogenannter *XML-Prozessor*, der die syntaktische Korrektheit und den korrekten Aufbau eines XML-Dokuments überprüft. Entsprechend wird in XML zwischen *wohlgeformten* und *gültigen* XML-Dokumenten unterschieden.

Wohlgeformte XML-Dokumente (engl.: well-formed XML document) entsprechen in ihrem Aufbau den syntaktischen Regeln von XML.



Diese Regeln definieren beispielsweise, wie Anfangs- und Endemarkierungen sowie deren Attribute geschrieben werden, dass jedes Element explizit durch eine Endemarkierung geschlossen werden muss, und dass beispielsweise die Elemente korrekt ineinander geschachtelt werden müssen. Jede Markierung beginnt mit einem Kleiner-Zeichen „<“, gefolgt von einem Bezeichner und optionalen Attributen, und wird durch ein Größer-Zeichen „>“ abgeschlossen. XML-Attribute werden angegeben, indem der Name des Attributs gefolgt von einem Gleichheitszeichen gefolgt vom Wert des Attributs (zwischen einfachen oder doppelten Kommata) angeschrieben wird.

Ein *Beispiel für eine Anfangs- und Endemarkierung* mit einem Attribut und Elementinhalt ist `<Preis Währung='Euro'>24,90</Preis>`.



Die syntaktischen Regeln bestimmen somit, ob ein XML-Dokument wohlgeformt ist. Für den Datenaustausch ist allerdings auch relevant, welche Elemente in welcher Reihenfolge und Schachtelung in einem Dokument enthalten sind. Mit anderen Worten, für einen speziellen Typ von Dokumenten (beispielsweise eine Bestellung) müssen sowohl die korrekten Markierungen in einer vordefinierten Art und Weise, als auch gewisse Bestandteile enthalten sein. Die möglichen Bestandteile eines entsprechenden Dokuments werden durch eine Dokumenttypdefinition festgelegt.

Gültige XML-Dokumente (engl.: valid XML document) sind *wohlgeformte XML-Dokumente*, die zusätzlich auch dem Schema der *Dokumenttypdefinition* genügen müssen, durch welche die Struktur der XML-Dokumente festgelegt wird.



Eine Dokumenttypdefinition legt somit ein Austauschformat fest.

10.4.4 Definition von Dokumenttypen in XML

Eine Dokumenttypdefinition legt fest, welche Elemente mit welchen Attributen in welcher Reihenfolge und Schachtelung in einem Dokument dieses Typs auftreten dürfen. Die Dokumenttypdefinition kann durch eine *DTD* (Abkürzung von engl.: document type definition) oder durch ein XML-Schema erfolgen, wobei letzterer Definitionsansatz neuer und mächtiger ist.



Der Standard **XML-Schema** oder **XSD** (Abkürzung von engl.: XML schema definition) ist eine Empfehlung des W3C und ermöglicht die Definition von XML-Dokumenttypen. XML-Schema erlaubt im Gegensatz zur DTD auch Werteeschränkungen von nicht strukturierten Elementen.

Durch die Werteeschränkungen kann mittels XML-Schema genau definiert werden, wie *Elementinhalte* aufgebaut sein dürfen. Dies ist für den elektronischen Datenaustausch sehr wichtig, da nur so im Dokumenttyp definiert werden kann, welche Schreibweise beispielsweise für ein Bestelldatum akzeptiert werden kann. Der XML-Schema-Standard definiert für Elementinhalte folgende mögliche Werteeschränkungen:

1. *Primitive Datentypen* (engl.: *primitive data type*): Vordefinierte elementare Datentypen wie beispielsweise Dezimalzahlen, Gleitkommazahlen, Zeichenketten, Zeitpunkte oder Zeitdauern.
2. *Abgeleitete Datentypen* (engl.: *derived data type*): Aus den primitiven Datentypen können mittels Nebenbedingungen abgeleitete Datentypen definiert werden (beispielsweise positive Zahlen oder Werte zwischen 100 und 200).
3. *Zusammengesetzte Datentypen* (engl.: *complex data type*): Diese Datentypen können sich aus mehreren Elementen zusammensetzen (beispielsweise eine Adresse mit Postleitzahl und Straße). Auch ein Dokumenttyp ist letztendlich ein zusammengesetzter Typ.

Bei XML-Schema erfolgt auch die Dokumenttypdefinition in *Form eines XML-Dokuments*. Dies bedeutet, dass alle Element- und Attributdeklarationen in XML-Syntax vorliegen. Somit kann ein Programm, das ein XML-Dokument verarbeitet, mit der gleichen Logik die Deklarationen der Elemente und Attribute verarbeiten.

Der wohl wichtigste Unterschied zwischen der Definition mittels XML-Schema und DTD ist, dass bei der Verwendung von XML-Schema generell für jedes Element und Attribut der *gültige Wertebereich* festgelegt werden kann.

10.4.5 Abfragesprachen für XML-Dokumente

Für die vereinfachte Verarbeitung von XML-Dokumenten existieren zahlreiche weitere, auf XML basierende Standards, die größtenteils unter der Schirmherrschaft des W3C entwickelt wurden. Eine wichtige Kategorie stellen hierbei die *Abfragesprachen für XML* dar, über die mittels einer standardisierten Syntax Teile von XML-Dokumenten extrahiert werden können (beispielsweise XML-Elemente, die Attribute mit gewissen Einschränkungen besitzen). In weiterer Folge können mittels dieser Abfragesprachen *XML-Datenbanken* entwickelt werden, die eine Fülle von XML-Dokumenten verwalten und gemeinsam abfragbar halten. Dies ist von der Intention ähnlich wie bei relationalen Datenbanken, allerdings beruht das zugrunde liegende Datenmodell auf den hierarchischen XML-Strukturen. Wir kommen später nochmals auf XML-Datenbanken zurück.

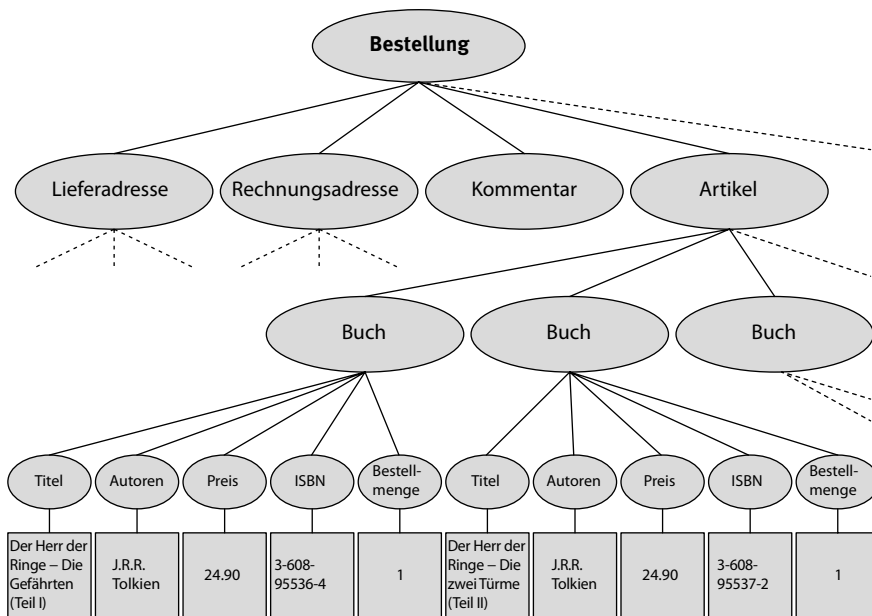


Abb. 10.23: Baumstruktur des XML-Dokuments aus Abb. 10.22

Die hierarchische Struktur eines XML-Dokuments kann als Baumstruktur dargestellt werden. Abb. 10.23 zeigt einen Teil der Baumstruktur des XML-Dokuments aus Abb. 10.22, wobei das Wurzelement der XML-Struktur die Wurzel des Baums bildet und die textuellen Ausprägungen der Elemente als Blattknoten in Kästchen dargestellt werden. Diese Kästchen sind optional und dienen hier nur

dem leichteren Verständnis. Für die Verarbeitung dieser Baumstruktur existiert für XML eine standardisierte Schnittstelle, die DOM genannt wird.

! **DOM** (Abkürzung von engl.: document object model) definiert eine standardisierte Programmierschnittstelle, über die programmiersprachenunabhängig XML-Strukturen verarbeitet werden können. Bei der Verarbeitung mittels DOM wird das gesamte XML-Dokument als eine Objektstruktur mit eingeschachtelten Unterobjekten betrachtet. Über die DOM-Schnittstelle werden Methoden zum Durchwandern, Auslesen, Einfügen und Löschen von Knoten der Dokumentstruktur bereitgestellt.

DOM wurde programmiersprachenunabhängig definiert, es existieren heute für praktisch alle gängigen Programmiersprachen entsprechende Implementierungen. Besonders häufig wird DOM in JavaScript innerhalb des Webbrowsers eingesetzt, wo es auch für die Verarbeitung von HTML-Dokumenten genutzt wird.

Um das Suchen von Information in XML-Dokumenten weiter zu vereinfachen, wurden Abfragesprachen entwickelt, die speziell die Baumstruktur von XML-Dokumenten nutzen. Ein Beispiel hierfür ist die Sprache *XPath*, die auch Bestandteil von weiterführenden Standards ist wie beispielsweise *XQuery* oder *XSLT*.

! **XPath** (Abkürzung von engl.: XML path language) ist eine einfache Abfragesprache für XML-Dokumente, über die Elemente oder Attribute mit angeführten Eigenschaften aus XML-Dokumenten extrahiert werden können. Die Bezeichnung *XPath* ist darauf zurückzuführen, dass Abfragen in der Form eines (Teil-)Pfads von der Wurzel zu den gesuchten Elementen beschrieben werden. Für jeden Teilausdruck entlang des Pfads können *Einschränkungen* (engl.: constraint) angegeben werden, die die Lösungsmenge einschränken. XPath liegt derzeit in Version 3.0 vor und wird vom W3C standardisiert.

Mit Hilfe von XPath kann man sowohl einwertige als auch mengenwertige Abfragen zur Durchsuchung von XML-Dokumenten stellen. Man kann beispielsweise aus dem Dokument in Abb. 10.22 die Rechnungsadresse auslesen (einwertige Abfrage) oder alle Bücher ermitteln, die einen speziellen Autor haben oder von einem bestimmten Verlag stammen (mengenwertige Abfragen).

! Die Abfragesprache **XQuery** (Abkürzung von engl.: XML query language) ist eine weitere, mächtige Abfragesprache für XML-Dokumente, die vom W3C standardisiert wurde. XQuery basiert auf XPath und erlaubt die Verknüpfung mehrerer XML-Dokumente in einer Anfrage.

Über XQuery können auch unterschiedliche Typen von XML-Dokumenten gemeinsam in einer Abfrage durchsucht und verknüpft werden. Auf diese Weise könnte man beispielsweise XML-Dokumente über Bestellungen automatisiert mit XML-Dokumenten verknüpfen, die den Lagerbestand beschreiben.

XSLT (Abkürzung von engl.: extensible style sheet language transformation) ist eine regelbasierte Sprache zur Transformation (Umwandlung) von XML-Dokumenten, die vom W3C standardisiert wird.



Mittels XSLT kann ein XML-Dokument in ein Zieldokument umgeformt werden, das beispielsweise gewisse Teile des Ursprungsdokuments oder eine andere Struktur besitzt.

10.4.6 Semantisches Web und RDF

XML ermöglicht die Definition von allgemein gültigen Regeln für die Erstellung von Auszeichnungssprachen im WWW, wobei XML-Dokumente vor allem für den Datenaustausch genutzt werden. XML beschreibt die Struktur der Dokumente, aber nicht, was diese Inhalte bedeuten.

Das Ziel des **semantischen Webs** (engl.: semantic web) ist es, durch Datenformate und Protokolle die Inhalte von Ressourcen, die über das Web gefunden werden können, besser zugänglich zu machen. Während man bei der textuellen Suche nur nach Wörtern suchen kann, die in den Dokumenten vorkommen, kann man über die Methoden des semantischen Webs auch allgemeine, inhaltliche Zusammenhänge ausdrücken. Deshalb wird das semantische Web auch zunehmend als **Datenweb** (engl.: web of data) bezeichnet.



Ein wichtiger Bestandteil des semantischen Webs ist *RDF* (Abkürzung von engl.: resource description framework), das es ermöglicht, Inhalte von (und Zusammenhänge zwischen) Dokumenten durch *Metadaten* zu beschreiben.

Metadaten (engl.: meta data) sind „Daten über Daten“. Sie beschreiben Dateninhalte anhand eines bestimmten, kontrollierten *Vokabulars*. Das Vokabular definiert, welche Attribute für welche Dateninhalte vergeben werden können.



Die Unterscheidung zwischen Daten und Metadaten ist fließend und hängt vom jeweiligen Kontext ab. Dementsprechend können die Daten einer Anwendung die Metadaten einer anderen Anwendung sein.

Der Begriff der *Metadaten* stammt unter anderem aus dem *Bibliotheksbereich*. Es wird zwischen dem *Inhalt* eines Buches (engl.: content) und den *Daten über den Inhalt* (den *Metadaten*) unterschieden. Beispiele für Metadaten sind der Titel eines Buches, die Autoren, der Preis, die Seitenzahl, der Standort und Ähnliches. Ein Bibliotheksverwaltungssystem enthält zum Beispiel Information über Publikationen, wie den Namen des Autors oder den Titel der Veröffentlichung, und besteht somit aus Metadaten über diese Publikationen.



RDF

! Das **Resource Description Framework** (abgekürzt: RDF) definiert ein allgemeines Metadatenformat für Information, die im Internet verfügbar ist. Jedes Dokument (oder Dienst oder digitales Gut), das im Internet mittels Webadresse (URI, siehe Kapitel 12) adressierbar ist, wird in RDF als *Ressource* (engl.: resource) bezeichnet. Mittels RDF können *Aussagen* (engl.: RDF statement) über Ressourcen durch ein erweiterbares *Vokabular* (RDF-Schema) formuliert werden. RDF ist eine Empfehlung des W3C.

Die entsprechenden Vokabulare werden nicht durch eine zentrale Institution definiert, sondern können prinzipiell von beliebigen Personen oder Organisationen gezielt für ihre speziellen Anforderungen entworfen werden. Durch dieses Vokabular wird eine an Inhalten orientierte Beschreibung von Ressourcen geschaffen, die wiederum mittels einer speziellen Abfragesprache (beispielsweise *SPARQL*, Abkürzung von engl.: SPARQL protocol and RDF query language) durchsuchbar und verknüpfbar gemacht werden kann. Dies bedeutet, dass diese Information auch relativ einfach von beliebigen Anwendungen (von betrieblichen Informationssystemen bis zu spezialisierten Apps für Smartphones) automatisiert verarbeitet werden kann.

B Ein *Beispiel* für ein sehr umfangreiches Projekt ist *DBpedia.org*, das die strukturierten Daten der Wikipedia in der Form von RDF bereitstellt. DBpedia in der Version 2016-04 umfasst mehr als 9 Milliarden RDF-Aussagen. Mittels DBpedia und SPARQL ist es beispielsweise möglich, automatisiert die Koordinaten aller europäischen Länder aus Wikipedia abzufragen und auf einer Landkarte mittels *Google Maps* darzustellen.

Unter dem Schlagwort *Open Government* werden weltweit laufend mehr Daten von öffentlichen Einrichtungen (von EU-Institutionen bis zu staatlichen Serviceeinrichtungen) in der Form von RDF bereitgestellt, um diese Daten der Allgemeinheit verfügbar zu machen. Man spricht hierbei von *Linked Open Data*.

! Unter **Linked Open Data** (abgekürzt: LOD) versteht man frei zugängliche und frei verwendbare Daten, die über das Internet bezogen werden können, und die mittels RDF beschrieben sind.

B Das *European Union Open Data Portal* (<https://data.europa.eu/>) ist ein Projekt der Europäischen Kommission für die Entwicklung eines zentralen Portals für frei verfügbare und wiederverwendbare Datensammlungen. Derzeit enthält das Portal über 12.000 Datensammlungen von 40 EU-Institutionen. Zusätzlich existieren nationale Open-Data-Portale beispielsweise für Deutschland (<https://www.govdata.de/>), Österreich (<http://www.data.gv.at/>) und die Schweiz (<http://opendata.ch/>).

RDF-Modelle

Die Grundlage von RDF bildet ein Modell zur Formulierung von *Aussagen* (engl.: statement) über Ressourcen. Durch eine Aussage werden einer Ressource mittels einer beschreibenden *Eigenschaft* (engl.: property) *Werte* (engl.: property value) zugewiesen. Diese Werte können *strukturierte Daten*, einfache *Zeichenketten* (*Literale*, engl.: literal) oder auch weitere Ressourcen sein.

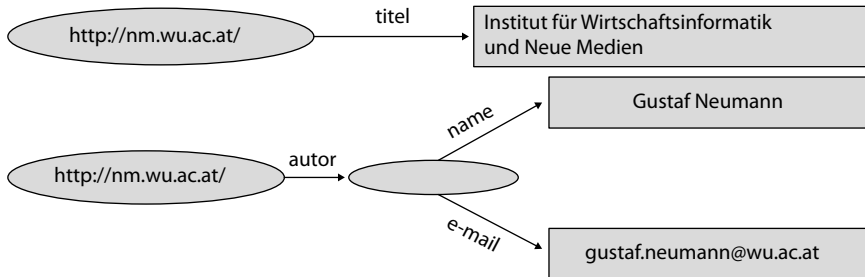


Abb. 10.24: Beispiel eines einfachen RDF-Modells

Die Abb. 10.24 zeigt die grafische Darstellung für die Aussagen: Der Titel der Ressource „*http://nm.wu.ac.at*“ besitzt den Wert „*Institut für Wirtschaftsinformatik und Neue Medien*“ und der Autor der Ressource (der Webseite) hat den Namen „*Gustaf Neumann*“ und die E-Mail-Adresse „*gustaf.neumann@wu.ac.at*“. Das Datenmodell wird in Form eines gerichteten Graphen dargestellt, wobei die Knoten dieses Graphen Ressourcen oder Literale und die Kanten des Graphen Eigenschaften repräsentieren. Eine Ressource wird als Oval und ein Literal als Rechteck dargestellt. Die Kanten gehen dabei immer von einer Ressource aus (dem *Subjekt*; engl.: subject) und zeigen auf das *Objekt* (engl.: object) der Aussage. Die Kante bezeichnet die Aussage und wird als *Prädikat* (engl.: predicate) bezeichnet (siehe Abb. 10.25).

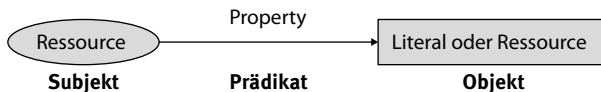


Abb. 10.25: Allgemeiner Aufbau von RDF-Graphen

Jede RDF-Aussage kann somit durch Subjekt, Prädikat und Objekt beschrieben werden. Man spricht hierbei auch von *RDF-Triples*. Die Aussagen (und somit auch RDF-Triples) können direkt aus einem RDF-Graphen abgeleitet werden, indem man ausgehend von einer Ressource (Subjekt) in Richtung einer der zugehörigen Kanten (Prädikat) zu dem folgenden Knoten (Objekt) liest.

Enthält eine Eigenschaft einen strukturierten Wert, so wird dieser in der grafischen Darstellung als Oval ohne Beschriftung dargestellt. Der strukturierte Wert bildet eine sogenannte *anonyme Ressource* (engl.: anonymous resource), die wiederum weitere Eigenschaften besitzen kann.

B

Der zweite RDF-Graph in Abb. 10.24 enthält einen strukturierten Wert für *autor*. Der Graph kann wie folgt gelesen werden: Die Ressource <http://nm.wu.ac.at> hat einen Autor. Der Autor hat den Namen Gustaf Neumann und die E-Mail-Adresse gustaf.neumann@wu.ac.at.

RDF-Eigenschaften bilden die beschreibenden Merkmale einer Ressource. Diese Eigenschaften sind das zentrale Element von RDF. In einem RDF-Schema wird definiert, welche Eigenschaften für eine Ressource vergeben werden können, und welche Werte diese Eigenschaft annehmen kann.

RDF-Schema

!

Ein **RDF-Schema** (engl.: RDF schema) definiert ein *kontrolliertes Vokabular*, das Bezeichnungen für *gültige Eigenschaften* (wie beispielsweise Titel, Autor, Farbe) und auch deren *Wertebereich* (engl.: range) definiert. Das RDF-Schema legt somit fest, welche Wertausprägungen gültig sind, und welchen *Ressourcen* (engl.: domain) diese Eigenschaften zugewiesen werden dürfen (beispielsweise Webseiten, Büchern, Personen). Für gleichartige Ressourcen können *Klassen* gebildet werden.

Beachten Sie, dass ein RDF-Schema nicht die gleiche Funktion wie eine Dokumenttypdefinition von XML besitzt. Während eine Dokumenttypdefinition die Struktur von XML-Dokumenten festlegt, stellt ein RDF-Schema Information zur Verfügung, die für die (semantische) Interpretation von RDF-Aussagen benötigt wird.

Eine RDF-Klasse besitzt folglich keine festgelegte Attributmenge, sondern es existiert eine Menge von RDF-Eigenschaften, die den Ressourcen von verschiedenen Klassen zugeordnet werden können. Der Ansatz von RDF wird daher häufig als *eigenschaftszentriert* (engl.: property centric) bezeichnet und ermöglicht auf einfache Weise die Definition neuer Eigenschaften für bereits bestehende Ressourcen auch von beliebigen Dritten. Um RDF-Graphen zu speichern oder zu übertragen, werden diese meist in XML-Syntax dargestellt.

10.5 Skalierbare Datenspeicherung und Big Data

Viele der heute verwendeten Informationssysteme verwalten Datenmengen, die noch vor wenigen Jahren undenkbar gewesen wären, und die auch in wohl absehbarer Zukunft von keinem einzelnen Rechner gespeichert werden können. Obwohl Internet-Anbieter wie Google, Facebook oder Amazon keine genauen Daten liefern, schätzt man, dass die entsprechenden Datenbanken einen Umfang von mehreren hundert bis tausend PB (Petabyte; ein PB entspricht 1.024 TB) umfassen.

Facebook hat bei seinem Börsengang 2012 angegeben, dass der Datenbestand zur Speicherung von Bildern und Videos mehr als 100 PB umfasse. Derartige Datenmengen stellen auch für die schnellsten und größten heute verfügbaren Rechner unüberwindbare Hindernisse dar. Stellen Sie sich vor, Sie wollen eine *Datensicherung* durchführen. Nehmen wir an, die Daten können mit einer Transferrate von 100 MB/s gespeichert werden. Ein TB zu speichern dauert mit dieser Transferrate etwa 2,9 Stunden, für ein PB sind dies über 124 Tage, für ein EB wären das 348 Jahre. B

Unter **Big Data** (engl.: big data) versteht man Datenkollektionen, deren Größe die Fähigkeiten einzelner Rechnersysteme überschreiten, um diese Datenmenge zu speichern, zu durchsuchen, zu analysieren und zu verwalten. !

Diese Definition ist bewusst offen gewählt, da durch die technische Weiterentwicklung die Grenzen des Machbaren laufend verschoben werden. In Zukunft steigt in vermutlich noch viel stärkerem Ausmaß die Menge an Daten, die durch den Einsatz von mobilen Geräten (beispielsweise in sozialen Netzen) und Sensornetzen anfallen. Gleichzeitig steigt aber auch das Interesse, diese Daten für Betriebe zielorientiert zu analysieren.

10.5.1 Speicherkonzepte von NoSQL-Datenbanksystemen

Gerade in den letzten Jahren wurden mehrere Datenbankansätze für skalierbare Datenbanksysteme geschaffen, die unter der Bezeichnung *NoSQL* zusammengefasst werden.

Unter einem **NoSQL-Datenbanksystem** (engl.: NoSQL database system) versteht man ein meist nicht relationales Datenbanksystem (oder ein relationales Datenbanksystem mit einer nicht relationalen Erweiterung) für hochskalierbare Anwendungen mit meist schwacher Konsistenzgarantie. !

Die NoSQL-Datenbanksysteme können nach dem Speichermodell in drei Grundmodelle unterteilt werden.

Speicherung von Schlüssel/Wert-Paaren

Das einfachste Speichermodell basiert auf Schlüssel/Wert-Paaren. Das Datenbanksystem ermöglicht nur, für einen (eindeutigen) Schlüssel einen zugehörigen Wert zu speichern und abzufragen (siehe Abb. 10.26). Der Wert kann anwendungsabhängig sehr unterschiedliche Formen haben (atomar, strukturiert, mehrwertig). Je nach Implementierung des Datenbanksystems sind unterschiedliche Strukturen und Datentypen möglich. Die Schlüsselwerte müssen eindeutig gewählt werden und sind oft entsprechend lang.

Schlüssel	Wert
wi1-titel	“Wirtschaftsinformatik”
wi1-schlagwörter	["Wirtschaftsinformatik", "Einführung"]
wi1-autoren	["hrh", "jm", "gn"]
hrh	“Vorname” → “Hans Robert”, “Nachname” → “Hansen”

Abb. 10.26: Speicherung in einer Schlüssel/Wert-Datenbank

Durch geschickte Definition der Schlüssel und Attributwerte können auch mit Datenbanken, die nur Schlüssel/Wert-Paare unterstützen, komplexe Datenstrukturen gespeichert und verarbeitet werden. Das einfache Modell erleichtert beispielsweise die verteilte und redundante Speicherung im Internet. Ein Beispiel hierfür ist das System *Dynamo*, das von Amazon entwickelt wurde, und die Grundlage sämtlicher Dienste der Amazon-Cloud bildet. Ein weiteres Beispiel ist die Open-Source-Datenbank REDIS, eine In-Memory-Datenbank, die unter anderem von *Twitter*, *GitHub*, *Craigslist*, *StackOverflow* oder *Flickr* genutzt wird.

Spaltenorientierte Speicherung

Ein anderes Datenmodell basiert auf Spalten (einer Tabelle) mit entsprechend eindeutigen Namen. Während bei relationalen Datenbanksystemen die Zeilen einer Tabelle (die Tupel) physisch gemeinsam abgespeichert werden, werden bei der spaltenorientierten Speicherung alle Ausprägungen eines Attributs gemeinsam gespeichert (siehe Abb. 10.27). Dies hat beispielsweise bei Datenbanken für analytische Zwecke (OLAP, siehe Kapitel 7), bei denen häufig Werte

über Spalten aggregiert werden, Laufzeitvorteile, vor allem dann, wenn die Tabelle dünn besetzt ist, oder wenn nur wenige Spalten für eine Auswertung benötigt werden. Da die Spaltenwerte oft ähnliche Ausprägungen haben, können diese gut komprimiert werden, wodurch auch sehr umfangreiche Daten bei spaltenorientierten Auswertungen in den Arbeitsspeicher geladen werden können. Dadurch eignet sich die spaltenorientierte Speicherung besonders gut für In-Memory-Datenbanken. Dieses Speicherformat wird beispielsweise bei Produkten wie *Teradata* oder *SAP HANA* für die Datenanalyse angewendet.

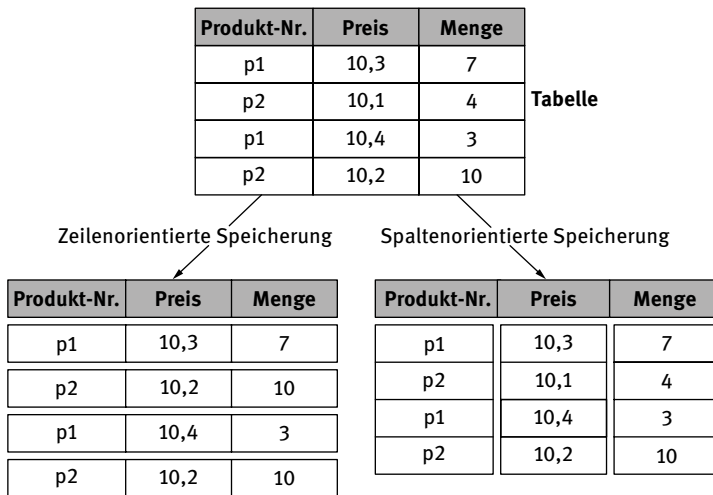


Abb. 10.27: Zeilen- und spaltenorientierte Speicherung

Das Modell der spaltenorientierten Speicherung ist auch die Grundlage von Googles *Bigtable*. Bigtable bildet die zentrale Grundlage der Suchdienste von Google. Das Speichermodell von Bigtable basiert im Wesentlichen auf einer einzigen riesigen, dünn besetzten Tabelle mit einer Vielzahl von Attributen. Diese Tabelle ist allerdings auf viele Rechner verteilt und unterstützt eine hochparallele Verarbeitung.

Das spaltenorientierte System *Cassandra* wurde ursprünglich von Facebook entwickelt und wird nun von der Apache-Foundation weiterentwickelt. Cassandra erlaubt zusätzlich die Definition von zusammengehörigen Spalten zu Spaltengruppen, und verfügt über eine SQL-ähnliche Abfragesprache CQL (Abkürzung von engl.: Cassandra Query Language). *HBase* basiert auf der *Apache Hadoop*-Infrastruktur (Näheres folgt) und zeichnet sich durch Vorteile bei analytischen Auswertungen aus.

Speicherung von strukturierten Dokumenten

Entsprechende Datenbanksysteme erlauben die Speicherung von Datenstrukturen in der Form von strukturierten Dokumenten, ohne dass diese umgeformt werden müssen. Diese Datenbanksysteme erlauben den effizienten Zugriff über Indizes auf diese Strukturen, wobei direkt auf atomare oder strukturierte und mehrwertige Attribute effizient zugegriffen werden kann. So kann beispielsweise das JSON-Dokument aus Abb. 10.21 in dem Datenbanksystem *MongoDB* abgespeichert werden. Alle gleichartigen Dokumente bilden eine Kollektion (engl.: collection), über die Abfragen erstellt werden (finde alle Dokumente mit dem Schlagwort „Wirtschaftsinformatik“). Weitere Beispiele für diesen Typ sind native *XML-Datenbanksysteme*, die direkt XML-Dokumente speichern können.

Speicherung von heterogenen Daten

Mittels sogenannter *Data-Lakes* (siehe Kapitel 7) können in einer Datenbank auch heterogene Daten gespeichert werden, die je nach Datenquelle in unterschiedlicher Form im Rohformat vorliegen können. Grundgedanke ist die zentralisierte Speicherung von beliebigen Daten von sehr großem Umfang in einem Datenbanksystem, das Methoden zur Suche, Verarbeitung und Analyse bereitstellt. Als Eingangsdaten kommen alle genannten Speicherformen in Frage (Zeilen- oder Spaltenorientierung, hierarchische oder graphbasierte Datenmodelle, auch Dateien in beliebiger Form), allerdings beeinflusst die Speicherform die Analysemöglichkeiten.

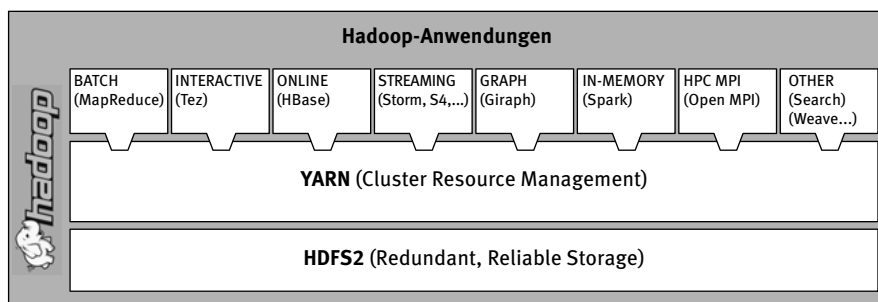


Abb. 10.28: Apache Hadoop und darauf aufbauenden Komponenten (Quelle: Hadoop ABCD)

Ein Beispiel hierfür ist das *Apache Hadoop*-Projekt, das zahlreiche Komponenten für die skalierbare Speicherung und Auswertung bereitstellt (siehe Abb. 10.28). Grundlage ist das verteilte, datenbankbasierte Dateisystem *HDFS* (Abkürzung von: Hadoop distributed file system). Die darauf aufbauenden Verarbeitungskomponenten bieten unterschiedliche Instrumente zur Datenanalyse

an, wie beispielsweise *MapReduce* für sehr umfangreiche Hintergrundverarbeitung, *HBase* für interaktive Anwendungen, *Spark* für In-Memory-Datenbankanwendungen oder *Storm* und *S4* für Datenstromanalyse.

10.5.2 Skalierbare verteilte Datenbanksysteme

Unter einem **verteilten Datenbanksystem** (engl.: distributed database system) versteht man ein Datenbanksystem, das für die Speicherung, Abfrage und Verwaltung eines Datenbestands mehrere getrennte Rechner verwendet, die über ein Kommunikationsnetz (beispielsweise das Internet) miteinander verbunden sind.



Verteilte Datenbanksysteme existieren bereits seit den 1980er Jahren, doch umfassten diese lange Zeit nur sehr wenige (meist unter zehn) in den Verbund eingebundene Rechner. Durch die Entwicklung von Google mit dessen proprietärem Speichersystem namens *Bigtable* wurde ein wirklich skalierbarer Ansatz geschaffen. Dieses Speichersystem hat im Jahr 2010 bereits 900.000 Rechner überschritten, wobei nicht ganz klar ist, wofür diese Rechner im Einzelnen genutzt werden. Doch wie war dieser Quantensprung möglich?

Ein wesentlicher Grund für den Durchbruch bei der Entwicklung von hochskalierbaren, verteilten Datenbanksystemen war die Erkenntnis, dass für viele Anwendungen die strengen *ACID-Eigenschaften* nicht erforderlich sind. Vor allem wurde der Aspekt der *strengen Konsistenz* durch eine Form der *schwachen Konsistenz* ersetzt. Der hierfür eingeführte Begriff der *eventual consistency* besagt, dass in einem verteilten Datenbanksystem zwar nicht zu jedem Zeitpunkt alle Rechner die identischen Ergebnisse liefern müssen (also streng konsistent sind), dass allerdings die Konsistenz nach einem Aktualisierungsintervall garantiert wird.

Um den Index der *Google-Suchmaschine* zu aktualisieren, fragt diese kontinuierlich die indizierten Webserver ab. Zu jedem Zeitpunkt laufen weltweit hunderttausende Aktualisierungen gleichzeitig ab. Für einen Benutzer der Suchmaschine ist es meist unerheblich, ob die für eine Suchanfrage gelieferten Daten sekundengenau alle Aktualisierungen weltweit enthalten. Es könnte sein, dass ein Benutzer beispielsweise in den USA ein anderes Ergebnis erhält als ein Benutzer in Europa, der zum gleichen Zeitpunkt dieselbe Abfrage stellt (abgesehen von möglicherweise personalisierten Google-Ergebnissen).



Ein zentrales Problem bei großen verteilten Datenbanksystemen ist die kontinuierliche Verfügbarkeit aller Rechner des Verbunds. Wenn ein Verbund sehr viele Rechner umfasst, die möglicherweise geografisch weit verteilt sind (über mehrere Kontinente), so steigt mit der Rechnerzahl die Wahrscheinlichkeit, dass ein-

zelne Rechner nicht erreichbar sind. Für die Gewährleistung einer strengen Konsistenz müssten für jede Aktualisierung alle Rechner des Verbunds bestätigen, dass die Aktualisierung vorgenommen wurde, bevor das Ergebnis im Verbund allgemein verfügbar gemacht wird. Bei einer Partitionierung des Netzwerks (kurzzeitiger Ausfall von Kommunikationsverbindungen, Stromausfall oder Neustart eines Rechners) würden alle Anfragen weltweit blockiert werden.



Das sogenannte **CAP-Theorem** (engl.: CAP theorem; CAP ist die Abkürzung von engl.: consistency, availability, partition tolerance) besagt, dass es in einem verteilten System unmöglich ist, gleichzeitig die Eigenschaften der Konsistenz, der Verfügbarkeit und der Partitionstoleranz zu garantieren.

Das CAP-Theorem wurde im Jahr 2000 aufgestellt und besagt letztendlich, dass ein weltumspannendes relationales Datenbanksystem mit den starken Konsistenzanforderungen der ACID-Eigenschaften und hoher Verfügbarkeit der Daten nicht realisierbar ist.



Ein **horizontal skalierbares Datenbanksystem** (engl.: horizontally scalable database system) ist ein Datenbanksystem, dessen Leistung durch die Hinzunahme weiterer Rechner gesteigert werden kann.

Ein Beispiel für ein horizontal skalierbares Datenbanksystem ist *MongoDB*, ein dokumentenzentriertes Datenbanksystem, das als Datenrepräsentation *BSON* (eine binäre Repräsentation von JSON) für die Speicherung von strukturierten Dokumenten nutzt. Gleichartige Dokumente werden zu Kollektionen (engl.: collection) zusammengefasst, mehrere Kollektionen zu einer Datenbank. Für die Verteilung von Daten auf mehrere Rechner unterstützt MongoDB sowohl die Replikation als auch die Datenbankfragmentierung.



Unter der **Datenbankreplikation** (engl.: database replication) versteht man das Anlegen und Verwalten von *Duplikaten* einer Datenbank, meist nach einem Master-Slave-Prinzip (Hauptkopie und Replikat). Unter der **Datenbankfragmentierung** (engl.: database sharding) versteht man die *Aufteilung der Speicherung* eines Datenbestands auf mehrere Rechner.

Beim Einsatz einer Datenbankreplikation nach dem Master-Slave-Prinzip wird eine Schreiboperation in der gerade aktiven Hauptkopie automatisch vom Datenbankverwaltungssystem auf alle Replikate verbreitet. Beim Ausfall der Hauptkopie kann automatisiert und unterbrechungsfrei ohne Datenverlust auf ein Replikat umgeschaltet werden. Die Replikation ist somit ein Instrument zur *Erhöhung der Verfügbarkeit*.

Beim Einsatz der Datenbankfragmentierung werden unterschiedliche Daten auf unterschiedliche Rechner verteilt. Dadurch wird es möglich größere Mengen von Daten zu verwalten und die Last von Abfragen auf mehrere Rechner zu verteilen. Die Datenbankfragmentierung ist somit ein Instrument zu Erhöhung der Skalierbarkeit.

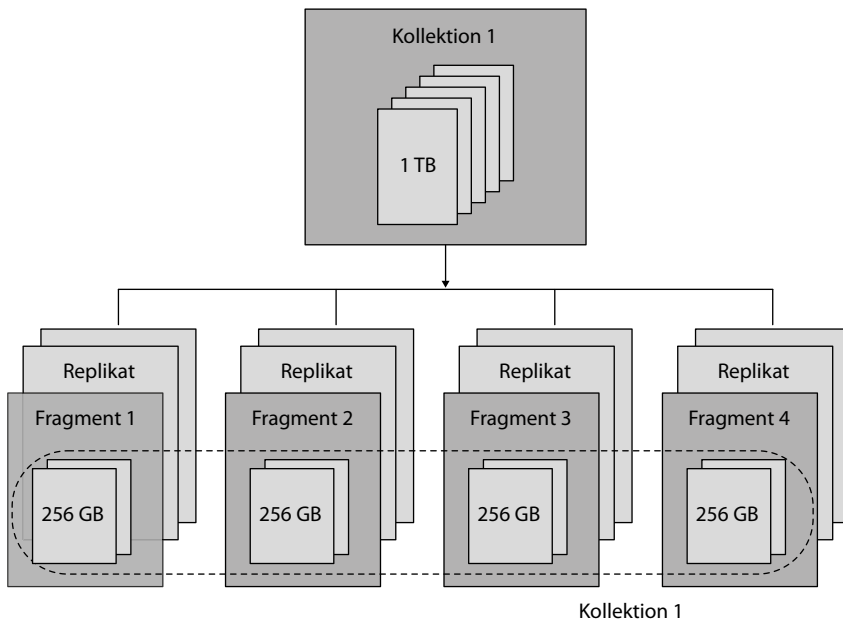


Abb. 10.29: Speicherung einer Kollektion mit mehreren Fragmenten und Replikaten auf mehreren Rechnern

Abb. 10.29 zeigt, wie beispielsweise mit MongoDB eine Kollektion im Umfang von 1 TB auf vier Fragmente auf unterschiedlichen Rechnern angelegt werden kann, wobei von jedem Fragment mehrere Replikate gehalten werden können.

Die wichtigsten Punkte

1. Alle Daten, die von einem Rechner verarbeitet werden, werden rechnerintern immer als Folge von Bits gespeichert. Für die Codierung der Daten gibt es je nach Verwendungszweck (beispielsweise Zahlenwerte oder Texte) unterschiedliche Ansätze, welche die Darstellungs- und Verwendungsmöglichkeiten der Daten beeinflussen.
2. Elementare Datenelemente werden zu Datenstrukturen zusammengefasst, durch die Zusammenhänge zwischen Datenelementen beschrieben werden. Datenstrukturen können beispielsweise ausdrücken, wie eine Datenstruktur aus anderen Datenstrukturen aufge-

baut wird. Die Graphentheorie bietet die Grundlage für die Klassifikation von komplexen Datenstrukturen, wobei für unterschiedliche Typen von Graphen auch unterschiedlich effiziente Verfahren zur Verarbeitung der Graphen existieren.

3. Komplexe Datenbestände werden in betrieblichen Informationssystemen in der Regel in Datenbanken gespeichert, die von Anwendungsprogrammen genutzt werden. Datenbankverwaltungssysteme ermöglichen die Definition von Datenstrukturen, regeln die Konsistenzbestimmungen, den mehr oder minder zeitgleichen Zugriff von mehreren Programmen auf diese Daten und unterstützen die Rechteverwaltung. Datenbankverwaltungssysteme bieten Abfragesprachen für den Datenzugriff an. Die heute mit Abstand am weitesten verbreiteten Datenbanksysteme verwenden das relationale Datenmodell, das streng tabellarische Daten vorschreibt.
4. Das relationale Datenmodell verlangt oft, dass semantisch zusammengehörige Daten in unterschiedlichen Datenstrukturen gespeichert werden. Deshalb eignen sich relationale Strukturen nur beschränkt für den Datenaustausch. Durch dokumentenzentrierte Formen der Datenorganisation können zusammengehörige Daten in strukturierten Dokumenten gehalten und mit Dritten ausgetauscht werden. Ein wichtiger Standard hierfür ist XML, das erlaubt, je nach Verwendungszweck unterschiedliche Typen von strukturierten Dokumenten zu definieren. Rund um XML ist eine Vielzahl von weiteren Standards entstanden, die beispielsweise die Abfrage oder Verarbeitung von XML-Daten vereinfachen. Der Standard RDF ermöglicht die semantische Verarbeitung von beliebigen (auch bereits existierenden) Daten, über die mithilfe eines kontrollierten Vokabulars Aussagen getroffen werden können. RDF hat eine große Bedeutung beispielsweise bei der Definition von frei verfügbaren Daten (engl.: public linked open data), die von zahlreichen Institutionen angeboten werden.
5. Die Speicherung von sehr großen Datenmengen übersteigt die Rechen- und Speicherleistungen auch der heute größten verfügbaren Rechner. Für die Verwaltung von Datenmengen, wie sie beispielsweise bei den führenden Internet-Anbietern wie Google oder Facebook anfallen, wurden skalierbare, verteilte Datenbanksysteme mit alternativen Datenmodellen entwickelt, die sich besser als das relationale Modell mit seinen sehr hohen Konsistenzanforderungen eignen.



Übungs- und Lehrmaterialien zu diesem Kapitel finden Sie im Web über den abgebildeten QR-Code. Richten Sie Ihre Smartphone- oder Tablet-Kamera auf das nebenstehende Bild, um zu den Inhalten zu gelangen.

Literatur

- S. Brashaw, K. Chodorow: MongoDB: The Definitive Guide: Powerful and Scalable Data Storage, 3. Auflage, O'Reilly, Sebastopol, CA 2018.
- F. Chang, J. Dean, S. Ghemawat, W. C. Hsieh, D. A. Wallach, M. Burrows, T. Chandra, A. Fikes, R. E. Gruber: Bigtable: A Distributed Storage System for Structured Data,

- http://static.googleusercontent.com/external_content/untrusted_dlcp/research.google.com/en//archive/bigtable-osdi06.pdf
- E.F. Codd (1970). A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks, *Communications of the ACM*, 13(6), 377–387.
- R. Elmasri, S. B. Navathe: *Fundamentals Of Database Systems*, 7. Auflage, Pearson, Boston, MA 2016.
- R. Gabriel, H.-P. Röhrs: *Gestaltung und Einsatz von Datenbanksystemen. Data Base Engineering und Datenbankarchitekturen*, Springer, Berlin 2013.
- G. Harrison: *Next Generation Databases: NoSQL and Big Data*, Apress Springer, New York, NY 2015.
- T. Ottmann, P. Widmayer: *Algorithmen und Datenstrukturen*, 6. Auflage, Springer Vieweg, Wiesbaden 2017.
- G. Saake, K.-U. Sattler: *Algorithmen und Datenstrukturen: Eine Einführung mit Java*, 5. Auflage, d.punkt.verlag, Heidelberg 2013.
- G. Saake, K.-U. Sattler, A. Heuer: *Datenbanken – Konzepte und Sprachen*, 5. Auflage, HJR-Verlag mitp, Heidelberg 2013.
- P. J. Sadalage, M. Fowler: *NoSQL Distilled: A Brief Guide to the Emerging World of Polyglot Persistence*, Pearson, Upper Saddle River, NJ 2012.
- G. Vossen: *Datenmodelle, Datenbanksprachen und Datenbankmanagementsysteme*, 5. Auflage, De Gruyter Oldenbourg, München 2008.
- H. Vonhoegen: *Einstieg in XML: Grundlagen, Praxis, Referenz*, 8. Auflage, Rheinwerk Verlag, Bonn 2015.
- T. White: *Hadoop: The Definitive Guide: Storage and Analysis at Internet*, O'Reilly, Sebastopol, CA 2015.

11 Rechnersysteme

- 11.1 Aufbau und Funktionsweise von Rechnern — 504
 - 11.1.1 Funktionseinheiten — 504
 - 11.1.2 Prozessoren — 506
 - 11.1.3 Speicher — 509
 - 11.1.4 Externe Funktionseinheiten — 510
 - 11.1.5 Rechnerarchitekturen — 511
 - 11.1.6 Mehrkernprozessoren und Mehrprozessorsysteme — 513
- 11.2 Elektronische Bauelemente (Chips) — 515
 - 11.2.1 Speicherchips — 517
 - 11.2.2 Prozessorchips — 525
- 11.3 Arten von Rechnern — 531
 - 11.3.1 Unterscheidung nach Leistungsklassen — 531
 - 11.3.2 Unterscheidung nach Nutzungsmustern — 535
- 11.4 Aufbau und Funktionsweise von Software — 537
 - 11.4.1 Maschinennahe Programmiersprachen — 539
 - 11.4.2 Höhere Programmiersprachen — 540
 - 11.4.3 Arten von höheren Programmiersprachen — 543
- 11.5 Bestandteile von Software — 545
 - 11.5.1 Softwarekomponenten — 545
 - 11.5.2 Abhängigkeiten von Softwarekomponenten — 547
 - 11.5.3 Wiederverwendung von Softwarekomponenten — 548
- 11.6 Betriebssystem — 549
 - 11.6.1 Auftragsverwaltung — 551
 - 11.6.2 Arbeitsspeicherverwaltung — 552
 - 11.6.3 Dateiverwaltung — 554
 - 11.6.4 Benutzerverwaltung — 556
- 11.7 Virtualisierung — 556
 - Die wichtigsten Punkte — 558
 - Literatur — 559

Kapitelübersicht

In diesem Kapitel wird Ihnen der *grundlegende Aufbau und die Arbeitsweise von Rechnern* erklärt. Zunächst erfahren Sie, aus welchen *Funktionseinheiten* ein Computer besteht und wie diese interagieren. Im nächsten Schritt lernen Sie die *Bauelemente* und deren Eigenschaften kennen. Schließlich werden die wichtigsten *Arten von Rechnern* und Entwicklungstrends vorgestellt.

In der zweiten Hälfte dieses Kapitel werden die *Grundzüge von Software* erläutert: Sie lernen dabei, wie Software funktioniert, wie Software entwickelt werden kann und wie komplexe Softwaresysteme aus möglichst wiederverwendbaren Softwarekomponenten zusammengesetzt werden können. Für den Betrieb eines Rechners ist das *Betriebssystem* Voraussetzung. Abschließend werden die Aufgaben und Bestandteile von Betriebssystemen vorgestellt, um die Zusammenhänge, wie Rechner funktionieren und wie diese genutzt werden können, zu verdeutlichen.

Lernziele

Ziel dieses Kapitels ist es, Sie mit den grundlegenden Fragen zu Rechnersystemen vertraut zu machen. Nach dem Durcharbeiten dieses Kapitels können Sie

- den Aufbau und die Funktionsweise von Rechnersystemen erklären,
- die Bauelemente von Rechnern mit deren wichtigsten Kennzahlen identifizieren,
- unterschiedliche Arten von Rechnern mit ihren Einsatzmöglichkeiten unterscheiden,
- erläutern, wie Software funktioniert und wie diese mit maschinennahen oder höheren Programmiersprachen entwickelt werden kann,
- die wesentlichen Bestandteile von Software identifizieren und deren Interaktionen nachvollziehen,
- die wichtigsten Aufgaben von Betriebssystemen verstehen und Betriebsarten gegenüberstellen.

11.1 Aufbau und Funktionsweise von Rechnern

Im Folgenden wird Ihnen der *grundlegende Aufbau und die Arbeitsweise von Rechnern* erklärt. Zunächst erfahren Sie, aus welchen *Hauptfunktionseinheiten* ein Computer besteht.

Bei der Beschreibung eines Rechners unterscheiden wir zwischen *Funktionseinheiten* und *Baueinheiten*. Die Funktionseinheiten beschreiben Bestandteile eines Rechners abstrakt nach Aufgabenbereichen. In konkreten Rechnern werden Funktionseinheiten durch Baueinheiten (beispielsweise Chips, Steckkarten usw.) realisiert, wobei oft mehrere Baueinheiten die Aufgaben einer Funktionseinheit erfüllen können. Auch umgekehrt ist es möglich, dass eine Baueinheit mehrere Funktionseinheiten abdeckt. So gibt es beispielsweise vollständige Computer, die in einem Chip realisiert sind. Man spricht hierbei von *Ein-Chip-Computern* (engl.: computer on a chip, system on a chip).



Als Sammelbegriff für die Baueinheiten, die bei einem Rechnersystem genutzt werden, hat sich die englische Bezeichnung **Hardware** durchgesetzt.

11.1.1 Funktionseinheiten

Ein Rechner besteht aus *Funktionseinheiten*, durch die Information von außen aufgenommen werden kann (*Eingabeeinheit*), durch die diese Information in-

terpretiert und umgewandelt wird (*Zentraleinheit*), in denen die Information aufbewahrt werden kann (*externe Speicher*) und durch die die verarbeitete Information wieder nach außen abgegeben werden kann (*Ausgabeeinheit*). Das Kernstück des Rechners bildet dabei die Zentraleinheit (siehe Abb. 11.1).

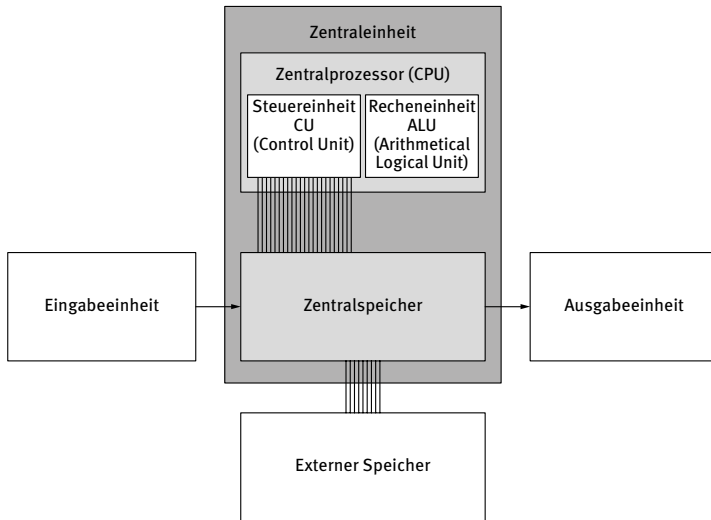


Abb. 11.1: Funktionseinheiten eines Rechners

Die **Zentraleinheit** (engl.: central unit) ist eine Funktionseinheit innerhalb eines Rechners, die einen oder mehrere *Prozessoren* und *Zentralspeicher* umfasst. Ein **Zentralprozessor** (engl.: central processing unit; Abkürzung: **CPU**) steuert entsprechend den jeweiligen Programmen den Gesamtablauf der Informationsverarbeitung, koordiniert die beteiligten Funktionseinheiten und führt Rechenoperationen aus. !

Die Zentraleinheit besteht intern aus mehreren Einheiten, von denen die *Steuereinheit* (engl.: control unit, abgekürzt: CU) und die *arithmetisch/logische Einheit* (engl.: arithmetical logical unit, abgekürzt: ALU) die wichtigsten sind. Die Steuereinheit decodiert die Befehle, die der Prozessor ausführen soll, koordiniert die Speicherzugriffe und steuert die weiteren Einheiten. Die arithmetisch/logische Einheit ist für die Berechnung von arithmetischen (Grundrechenarten) und logischen Operationen („und“, „oder“ und „ausschließendes oder“) zuständig. Zusätzlich enthält die CPU geringe Mengen an Speicher (Registerspeicher) mit sehr kurzen Zugriffszeiten, auf dem beispielsweise Zwischenergebnisse abgelegt werden können. Ein Rechner kann mehrere Zentralprozessoren besitzen und er kann auch noch weitere Prozessoren enthalten, die beispielsweise Aufgaben für die Ein- oder Ausgabe von Daten erfüllen.



Der **Zentralspeicher** (engl.: main memory) enthält die aktuell laufenden Programme und die aktuell zu verarbeitenden Daten.

Wenn wir die Funktionseinheiten eines Rechners mit einem Menschen vergleichen, dann entspricht die Zentraleinheit dem Gehirn (mit Denk- und Merkfähigkeit) und die Eingabeeinheiten entsprechen den Sinnesorganen des Menschen. Die Ausgabeeinheiten entsprechen den Artikulierungsmöglichkeiten des Menschen, die letztendlich über Muskeln angesteuert werden (Stimme, Gestik, Schrift). Der Zentralspeicher entspricht dem Kurzzeitgedächtnis und die externen Speicher entsprechen dem Langzeitgedächtnis.

11.1.2 Prozessoren



Ein **Prozessor** (engl.: processor) ist eine Funktionseinheit, die für die Durchführung von Maschinenbefehlen sorgt. Durch den Prozessor werden Daten und Befehle aus dem Zentralspeicher geladen, es werden die Befehle decodiert und ausgeführt, wodurch Ausgabedaten erzeugt werden.

Jeder Prozessor unterstützt eine Reihe von *Maschinenbefehlen* (engl.: instruction), die in ihrer Gesamtheit als *Befehlssatz* (engl.: instruction set) bezeichnet werden. Typischerweise enthält der Befehlssatz eines Prozessors etwa 50 bis 900 verschiedene *Maschinenbefehle*. Diese lassen sich einteilen in

1. *arithmetische Befehle* (Addieren, Subtrahieren, Multiplizieren usw.),
2. *logische Befehle* (Vergleichen, Bitoperationen usw.),
3. *Datentransferbefehle* (Übertragen, Verschieben usw.) sowie
4. *Ein- und Ausgabebefehle* (Lesen, Schreiben usw.).

Der *Ablauf eines Maschinenbefehls* erfolgt in der Regel in einer Folge von Schritten, deren zeitlicher Ablauf von einem *Taktgeber* (engl.: clock) gesteuert wird, wodurch die Operationen synchronisiert werden. Um einen Maschinenbefehl abzuarbeiten, muss zunächst der Befehl aus dem Zentralspeicher geladen werden, dann wird der Befehl (die Operation) decodiert. Abhängig von dem Befehl werden die für den Befehl relevanten Daten (die Operanden) ermittelt, die entweder bereits im Prozessor vorhanden sind oder vom Zentralspeicher geladen werden müssen. Erst wenn alle nötigen Operanden eines Maschinenbefehls im Prozessor verfügbar sind, kann dieser ausgeführt werden. Sie sehen aus diesem Ablauf, dass auch prozessorintern mehrere Funktionseinheiten existieren, die ähnlich wie bei der Fließbandarbeit verzahnt Aufgaben übernehmen.

Wie Sie in Abb. 11.2 erkennen können, ist es möglich, dass bei der *Fließbandverarbeitung* von einem Prozessor mehrere Maschinenbefehle gleichzeitig verarbeitet werden. In dem Beispiel der Abbildung können maximal drei Befehle zeitgleich aus dem Zentralspeicher gelesen werden, wobei der erste Befehl nach acht Maschinenzyklen abgeschlossen ist, der zweite nach zehn Zyklen. Ohne Fließbandverarbeitung hätte die Abarbeitung des zweiten Befehls erst nach dem Abschluss des ersten beginnen können, und er könnte erst zum Zeitpunkt 18 abgeschlossen werden. Nach dem vierten Maschinenzyklus könnten bereits weitere Befehlsverarbeitungen beginnen.

B

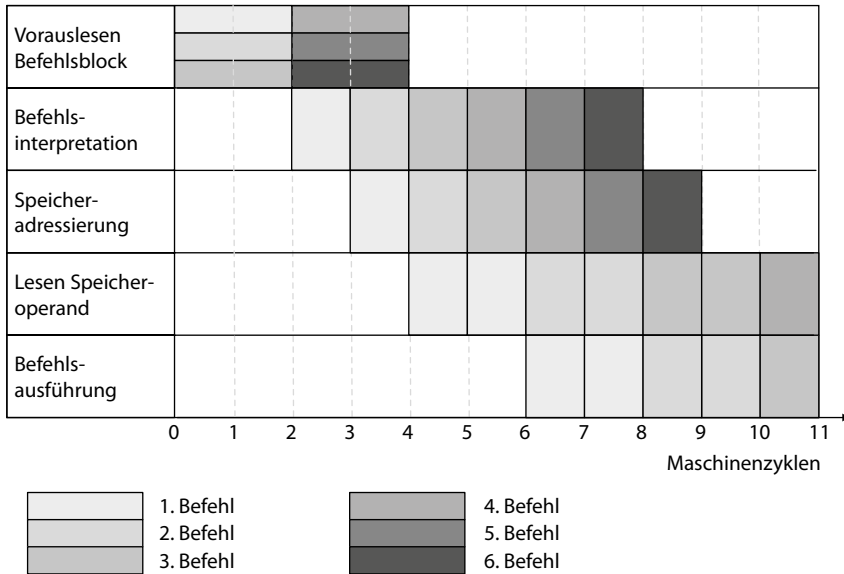


Abb. 11.2: Fließbandverarbeitung innerhalb eines Prozessors

Die Leistung eines Prozessors hängt von der Dauer der Maschinenzyklen ab, die von der Taktrate des Prozessors bestimmt wird.

Gängige Intel-Prozessoren besitzen eine Taktrate von ein bis vier GHz. Das bedeutet, dass ein Maschinenzyklus eine Dauer von 1 bis 4 ns (Nanosekunden) aufweist. Pro Sekunde können somit 1.000.000.000 bis 4.000.000.000 Maschinenzyklen abgearbeitet werden. Der ursprüngliche IBM-PC hatte 1981 eine Taktrate von 4,77 MHz. In den letzten 10 Jahren stagnierten die Taktraten von gebräuchlichen Mikroprozessoren bedingt durch interne Übertragungsleistungen und Energieverbrauch (Wärmeentwicklung).

B

Wenn die entsprechenden Funktionseinheiten innerhalb eines Prozessors mehrfach ausgelegt werden, kann der Grad der parallelen Abarbeitung von Befehlen weiter erhöht werden. Durch Prozessoren, die eine parallele Verarbeitung von Befehlen ermöglichen, ist eine erhebliche Leistungssteigerung möglich. Doch

diese mögliche Leistungssteigerung erfordert auch Programme, die diese Parallelverarbeitung nutzen können. Falls Funktionseinheiten während einzelner Zyklen nicht gebraucht werden, können diese von stromsparenden Prozessoren in kurzen Intervallen bei Bedarf zur Reduktion des Stromverbrauchs an- und abgeschaltet werden.

B

Eine aktuelle Mikroprozessorarchitektur, die *Cannon-Lake-Architektur* von Intel, verfügt über eine 19-stufige Fließbandverarbeitung.

Sie sehen in Abb. 11.2 in den weißen Kästchen, dass zu einigen Zeitpunkten Funktionseinheiten innerhalb des Prozessors untätig sind. Diese Zeitschlitzte könnten rein theoretisch genutzt werden. Während viele Stufen der Fließbandverarbeitung konstante Zeit benötigen, ist die Dauer der letztendlichen Befehlsausführung von der Art des Befehls abhängig. Diese Beobachtung war einer der Gründe, die zu der Entwicklung von sogenannten *RISC-Architekturen* führte, bei denen jede Befehlsausführung in einem Maschinenzyklus durchgeführt werden kann.

!

RISC (Abkürzung von engl.: reduced instruction set computer) ist eine Prozessorarchitektur mit einem vergleichsweise kleinen Vorrat von sehr einfachen Maschinenbefehlen, die meist in einem Prozessorzyklus abgearbeitet werden können.

Eine RISC-Architektur enthält oft auch einen weniger umfangreichen Befehlssatz, wodurch die Entwicklung des Prozessors vereinfacht wird. Andererseits werden oft mehrere einfache Befehle anstelle eines komplexen Befehls einer CISC-Architektur benötigt.

!

CISC (Abkürzung von engl.: complex instruction set computer) ist die Sammelbezeichnung für konventionelle Prozessorarchitekturen mit einem großen Vorrat an Maschinenbefehlen verschiedener Komplexität, deren Abarbeitung oft viele Taktzyklen benötigt.

Die Unterscheidung in RISC und CISC ist idealtypisch und erhöht das Verständnis über die Funktionsweise von Prozessoren. In der Praxis haben sich in den letzten Jahren je nach Einsatzbereich unterschiedliche Befehlssätze durchgesetzt. Im Bereich der PCs ist das der Intel-Befehlssatz (ein CISC-Befehlssatz), bei Tablet-Computern und Smartphones ist der ARM-Befehlssatz vorrangig, der auf dem RISC-Prinzip beruht. Damit auf einem neuen Prozessor möglichst viel Software ohne Mehraufwand verwendbar ist, verwenden viele der neuen Prozessormodelle den Befehlssatz ihrer Vorgängermodelle (oder einer Erweiterung davon).

11.1.3 Speicher

Ein **Speicher** (engl.: storage; memory) ist eine Funktionseinheit eines Rechners, die Information aufnimmt, aufbewahrt und abgibt.



Ein in der Zentraleinheit enthaltener Speicher wird als *Zentralspeicher oder interner Speicher* bezeichnet. Der wichtigste interne Speicher ist der *Arbeitsspeicher*.

Der **Arbeitsspeicher** (Synonym: Hauptspeicher; engl.: main memory; working storage) ist ein vom Prozessor direkt adressierbarer Zentralspeicher, der über eine Vielzahl von Speicherzellen verfügt, in denen die aktuell laufenden Programme und deren Daten gespeichert werden. Die Speicherzellen werden über *Speicheradressen* referenziert.



Die internen Speicher ermöglichen einen sehr schnellen Zugriff (kurze Zugriffsdauer). Ihr Fassungsvermögen ist jedoch aus technischen und Kostengründen begrenzt. Sie dienen während der Programmausführung zur Speicherung und werden im Allgemeinen nicht für eine dauerhafte Aufbewahrung von Information herangezogen. Die internen Speicher sind in der Regel *flüchtige Speicher*, das heißt, dass sie bei einer Unterbrechung der Stromversorgung ihren Inhalt verlieren. Für die dauerhafte Aufbewahrung von Daten dienen externe Speicher.

Speicher, die nicht Bestandteil der Zentraleinheit sind, werden als **externer Speicher** (engl.: external storage) bezeichnet. Externe Speicher sind in der Regel nicht flüchtig.



Externe Speicher sind langsamer (längere Zugriffsdauer), aber dafür billiger als Zentralspeicher, und sie verfügen oft über sehr große Speicherkapazitäten. Nicht unmittelbar benötigte Daten und Programme, die aus Platzgründen nicht ständig im Zentralspeicher stehen, werden extern gespeichert und können bei Bedarf in den internen Speicher übertragen werden. Wegen ihrer hohen Kapazität bezeichnet man externe Speicher auch als *Massenspeicher*.

Ein **Puffer** (engl.: buffer) ist ein Speicher, der vorübergehend Daten aufnimmt, die von einer Funktionseinheit zu einer anderen übertragen werden.



Pufferspeicher werden überall dort in einem Rechner verwendet, wo Einheiten mit unterschiedlicher Verarbeitungsgeschwindigkeit zusammenarbeiten. So gibt es in fast allen Rechnern Puffer für den Datenverkehr zwischen der schnellen

Zentraleinheit und den langsameren Ein- und Ausgabegeräten beziehungsweise Übertragungsleitungen. Auch in den Peripheriegeräten selbst sind Pufferspeicher installiert.

Ein zwischen dem Arbeitsspeicher und dem Zentralprozessor befindlicher Pufferspeicher, der sogenannte *Cache* (von engl.: cache memory), hat eine sehr kurze Zugriffszeit und eine begrenzte Kapazität von meist nur einigen tausend Bytes. Dagegen werden für den Arbeitsspeicher preisgünstigere Halbleiterbauelemente verwendet, mit denen sehr viel größere Kapazitäten mit Zykluszeiten realisiert werden, die ein Mehrfaches betragen.

11.1.4 Externe Funktionseinheiten



Eine Funktionseinheit innerhalb eines Rechners, die nicht zur Zentraleinheit gehört, wird **periphere Einheit** (engl.: peripheral unit) genannt.

Dementsprechend werden externe Speicher auch als *periphere Speicher* (engl.: peripheral storage) bezeichnet. Neben den externen Speichern zählen auch die *Ein- und Ausgabeeinheiten* zu den peripheren Einheiten.



Beispiele für Eingabeeinheiten sind unter anderem: Tastaturen, Zeigergeräte für Bildschirme (Maus, Steuerstift, Steuerfeld, Trackball, Joystick, Wii Remote), Grafiktablets, Scanner (Bildabtaster), Sensoren, Spracheingabegeräte (Mikrofon). Die wichtigsten *Ausgabegeräte* sind Bildschirme, digitale Projektoren, Drucker und Lautsprecher, die es in vielfältigen Varianten gibt. Zusätzlich können auch *Netzwerkkomponenten* für die Ein- und Ausgabe aus dem Rechner dienen. Als *externe Speicher* werden hauptsächlich Magnetplatten-, Flash-, Magnetband- und optische Plattenspeicher (CD, DVD, Blu-ray-Disc, Abkürzung: BD) verwendet.

Neben der Aufzählung der Gerätetypen stellt sich die Frage, wie diese Geräte funktionieren. Eingabegeräte (das Gegenstück zu unseren Sinnesorganen) empfangen entweder digitale oder analoge Werte. Beispielsweise empfängt ein Mikrofon analoge Werte (Schallwellen), die für die Verarbeitung im Rechner durch einen *Analog-digital-Umwandler* (engl.: analog-to-digital converter, abgekürzt: ADC) in digitale Werte für die weitere Verarbeitung umgesetzt werden müssen (siehe auch Kapitel 10). Ähnlich werden in einer Netzwerkkarte analoge Stromsignale in mehreren Schritten letztendlich in fehlergeprüfte Datenpakete konvertiert. Bei vielen Ausgabegeräten erfolgt in ähnlicher Weise eine Umwandlung der digitalen Daten in analoge Signale. Hierfür wird ein *Digital-analog-Umwandler* (engl.: digital-to-analog converter, abgekürzt: DAC) verwendet. Entsprechende Funktionseinheiten sind häufig in peripheren Einheiten verbaut.

Wie Sie später lesen werden, werden bei Ein-Chip-Computern auch diese *externen* Funktionseinheiten in einem gemeinsamen Chip (also *intern*) verbaut.

Die Funktionseinheiten des Rechners *sind durch Leitungen miteinander verbunden*, über die Information (Programmbefehle, zu verarbeitende Daten sowie Adress- und Kontrollangaben) mittels elektrischer oder optischer Signale übertragen wird. Dabei kann es sich um *dedizierte Leitungen* zwischen und innerhalb der genannten Funktionseinheiten handeln, die nur zur Kommunikation zweier Einheiten dienen, oder es können *Verbindungssysteme* vorhanden sein, die von mehreren Einheiten gemeinsam genutzt werden (sogenannte *Busse*).

Ein **Bus** (engl.: bus) ist ein Verbindungssystem, das von allen an den Bus angeschlossenen Einheiten gemeinsam genutzt wird.



Heutige Rechner verfügen in der Regel über mehrere Bussysteme, die für verschiedene Aufgabenbereiche optimiert sind. Bei Mehrprozessorrechnern gibt es Bussysteme, die für den Transfer von Daten zwischen Arbeitsspeicher und Prozessoren ausgelegt sind, wobei möglichst kurze Verzögerungen und hoher Durchsatz im Vordergrund stehen. Für den Anschluss von beispielsweise Festplatten oder Erweiterungskarten kommt hinzu, dass man unterschiedliche Geräte getrennt ansteuern kann, und dass diese Geräte möglicherweise zur Laufzeit angeschlossen oder abgeschlossen werden können.

Eine Zentraleinheit kann außer den oben genannten noch weitere Bestandteile enthalten. Dazu gehören die Stromversorgung und die Kühlung. Ferner sind vielfach Prozessoren für spezielle Zwecke vorhanden, beispielsweise Grafikprozessoren für grafische Operationen.

11.1.5 Rechnerarchitekturen

Eine **Rechnerarchitektur** (engl.: computer architecture) beschreibt auf hohem Abstraktionsniveau, aus welchen funktionalen Einheiten ein Prozessor/Rechner aufgebaut ist, in welcher Anzahl diese Komponenten vorhanden sind und wie diese verbunden sind.



Heutige Rechnerarchitekturen werden maßgeblich durch die *von-Neumann-Architektur* geprägt, die 1946 von dem ungarisch-amerikanischen Mathematiker John von Neumann vorgeschlagen worden ist. Die revolutionäre Neuerung der von-Neumann-Architektur war, dass diese Architektur erstmals den Arbeitsspeicher nutzte, um sowohl Daten als auch Programme zu halten (zweiteres war innovativ). Bis dahin war die Programmlogik eines Rechners fest durch Schaltungen verdrahtet.

Durch die von-Neumann-Architektur wurde es möglich, dass ein Rechner *unterschiedliche Programme* ausführen kann. Der Rechner interpretiert die Speicherinhalte im Programmbereich als Anweisungen und führt gemäß diesen Anweisungen Operationen mit weiteren Speicherinhalten aus. Das entscheidende ist, dass dadurch der Rechner von einer fest verdrahteten „*Einzweckmaschine*“ zu einer „*universellen Rechenmaschine*“ wurde, da man die Programme nun austauschen konnte. Bei der von-Neumann-Architektur werden sowohl Anweisungen (Teile des Programms), als auch Daten (die Eingabewerte für die Anweisungen darstellen) aus dem Speicher in den Zentralprozessor transferiert. Diese Datenleitungen sind somit ein essenzieller Bestandteil der Architektur, der aber auch zum limitierenden Faktor werden kann, wenn sehr viele Transferoperationen notwendig sind. Man spricht hierbei vom *von-Neumann-Flaschenhals*.

Die ursprüngliche von-Neumann-Architektur hat sich in verschiedene Richtungen weiterentwickelt, obwohl viele der Grundprinzipien bis heute gleichgeblieben sind. Im Folgenden klassifizieren wir die Architekturen durch die Möglichkeiten, wie Instruktionen auf Daten angewendet werden können.

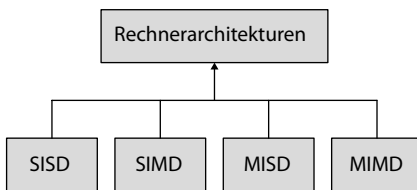


Abb. 11.3: Rechnerarchitekturen nach Flynn

Lange Zeit gab es nur Rechner, die mit einem Zentralprozessor nacheinander, Befehl für Befehl, einzelne Datenelemente verarbeiteten. Man spricht hierbei von der *SISD-Architektur* (Abkürzung von engl.: single instruction, single data).



Eine **Single-Instruction-Single-Data-Architektur** (Abkürzung: SISD-Architektur) beschreibt einen Rechner, bei dem in einem Bearbeitungsschritt jeweils nur eine Anweisung (engl.: single instruction) mit einem einfachen Operanden (engl.: single data) ausgeführt werden kann.

Bei vielen Anwendungen liegt nicht nur ein einzelner Operand vor, sondern es wird verlangt, dass eine Operation auf mehrere Werte (einen Vektor oder eine Matrix) durchgeführt werden soll. Dies ist häufig bei mathematisch/numerischen Anwendungen der Fall, aber ebenso bei der Verarbeitung von Multimediadaten (beispielsweise Bildpunkten).

Eine **Single-Instruction-Multiple-Data-Architektur** (Abkürzung: SIMD-Architektur) beschreibt einen Rechner, bei dem ein einzelner Befehl auf eine Vielzahl von Operanden angewendet werden kann. Man spricht hierbei auch von einem **Vektorrechner** (engl.: array processor).



Vektorprozessoren waren ursprünglich nur in sehr teuren, oft spezialisierten Großrechnern im Einsatz. Heute werden derartige Prozessoren häufig als *Grafikprozessoren* (engl.: graphics processing unit, abgekürzt: GPU) in einer Fülle von elektronischen Geräten verwendet (beispielsweise in Smartphones, Tablet-Computern, PCs, Workstations, ...).

Eine der derzeit leistungsfähigsten GPUs ist *Titan V*, die insgesamt über fast 6.000 Prozessorkerne verfügt. Näheres zu Mehrkernprozessoren im Folgeabschnitt.



Derartige GPUs sind ursprünglich für möglichst realistische Animationen in Spielen oder in computeranimierten Filmen entwickelt worden. In den letzten Jahren werden diese GPUs zunehmend auch für kryptografische Aufgaben oder für KI-Anwendungen mittels neuronaler Netze eingesetzt,

Eine **Multiple-Instruction-Multiple-Data-Architektur** (Abkürzung: MIMD-Architektur) beschreibt ein Rechnersystem, bei dem gleichzeitig mehrere Anweisungen (mehrere Befehlsströme) mit unterschiedlichen Daten (mehrere Datenströme) ausgeführt werden können.



Entsprechende Rechner verfügen häufig über mehrere Zentralprozessoren oder auch über Prozessoren, die mehrere Ausführungseinheiten enthalten (Mehrkernprozessoren). Auf diese Systeme gehen wir im nächsten Abschnitt näher ein.

Eine **Multiple-Instruction-Single-Data-Architektur** (Abkürzung: MISD-Architektur) beschreibt ein Rechnersystem, bei dem mehrere Operationen gleichzeitig mit denselben Daten ausgeführt werden können.



Rechner gemäß der MISD-Architektur werden für fehlertolerante Systeme eingesetzt, die auch beim Ausfall eines Prozessors eingehende Daten verarbeiten können sollen. Entsprechende Systeme wurden beispielsweise für den bemannten Raumflug entwickelt.

11.1.6 Mehrkernprozessoren und Mehrprozessorsysteme

Die ursprüngliche von-Neumann-Architektur ist eine SISD-Architektur. Ein entsprechender Rechner benötigt nur einen Prozessor, da dieser Rechner (in einer

engen Interpretation) nur in der Lage ist, zu einem Zeitpunkt eine einzelne Anweisung auszuführen. Heutige Rechner (Smartphones, Notebook-PCs, PCs), verfügen hingegen oft über mehrere Prozessoren, und einige der Prozessoren haben mehrere Ausführungseinheiten. Diese Ausführungseinheiten werden als *Prozessorkerne* bezeichnet.



Ein **Mehrkernprozessor** (engl.: multi-core processor) ist ein Prozessor, der zwei oder mehrere Prozessorkerne für die parallele Ausführung von Programmen enthält. Ein **Prozessorkern** (engl.: processor core) ist eine Funktionseinheit, die unabhängig von anderen Prozessorkernen Programme ausführen kann.

Generell wird durch mehrere Prozessorkerne die Leistung eines Rechners beim Mehrprogrammbetrieb (mehr dazu in Abschnitt 11.6.1) verbessert. Durch das Vorhandensein von mehreren Prozessorkernen können auf einem Rechner mehrere Programme völlig parallel ablaufen ohne sich einen Prozessor teilen zu müssen. Je mehr Programme gleichzeitig durchgeführt werden können, desto höher kann der Leistungsvorteil einer Mehrkernarchitektur sein.



Während ein Prozessorkern zum Beispiel ein Webdokument lädt, kann gleichzeitig ein zweiter Prozessorkern für andere Aufgaben, wie zum Beispiel das Abspielen eines Videoclips oder den Versand einer E-Mail, genutzt werden.

Beachten Sie, dass durch eine Mehrkernarchitektur mehrere Programme gleichzeitig (parallel) abgearbeitet werden können. Dies ist im Wesentlichen eine Erweiterung der Fließbandoperationen, bei der alle prozessorinternen Funktionseinheiten mehrfach ausgelegt sind.

Die parallele Abarbeitung von Programmen bedeutet nicht automatisch, dass ein einzelnes Programm deshalb schneller abläuft. In der Praxis zeigt sich, dass es gerade bei betrieblichen Anwendungen oft schwierig ist, Programme so zu gestalten, dass Teile eines Programms gleichzeitig durchgeführt werden können, da häufig ein Arbeitsschritt vom erfolgreichen Abschluss eines vorherigen Arbeitsschritts abhängt (beispielsweise bei einem Platzbuchungssystem). Allerdings können bei einer Mehrkernarchitektur oft mehrere dieser Transaktionen mehr oder minder parallel durchgeführt werden.



Die ersten Prozessorchips mit *Zweikernarchitektur* für PCs und größere Rechner wurden *2006 auf dem Markt eingeführt*. Im gleichen Jahr wurden jedoch bereits Labormuster von Prozessorchips mit bis zu 80 Kernen vorgestellt. *2007* folgte die *Markteinführung von Vierkern- und Achtkernprozessoren*, zunächst für leistungstärkere Universalrechner und Spielkonsolen. Seit *2016* sind Mobiltelefone mit Achtkernprozessoren auf dem Markt.

Die bisher beschriebenen Systeme verfügen jeweils nur über einen einzigen Zentralprozessor, der heute meistens auch aus genau einem Bauelement (einem Chip) besteht. Viele der heutigen Rechner verfügen jedoch über mehrere dieser Prozessoren, um die erzielbare Rechenleistung weiter zu erhöhen.

Unter einem **Mehrprozessorsystem** (engl.: multi-processor system) versteht man ein Rechner-system, in dem mehrere Zentralprozessoren zusammenarbeiten. Es gibt Systeme, bei denen wenige (zwei bis 64) Prozessoren eng gekoppelt einen gemeinsamen Arbeitsspeicher benutzen, und Systeme, bei denen einige oder viele Prozessoren lose gekoppelt über jeweils eigene Arbeitsspeicher verfügen. Von *massiv parallelen Rechnern* spricht man, wenn eine große Zahl von Prozessoren (bis zu mehreren tausend) mit jeweils eigenem Arbeitsspeicher in einem dichten Netz mit individuellen, sehr schnellen Verbindungen gekoppelt ist.



Mehrprozessorsysteme werden vorwiegend in Serverrechnern eingesetzt, auf denen meist viele Benutzer eine Vielzahl von Programmen gleichzeitig ausführen können. Die Verteilung von Programmschritten auf die Prozessoren erfolgt in der Regel durch das *Betriebssystem* (engl.: operating system). Das Betriebssystem besteht aus einer Vielzahl von zusammengehörigen Programmen, die Hardwareressourcen eines Rechners verwalten und diese für Anwendungsprogramme zur Verfügung stellen. Wir gehen auf das Betriebssystem näher im Abschnitt 11.6 ein.

11.2 Elektronische Bauelemente (Chips)

Durch die Fortschritte der Mikroelektronik wurde es Anfang der 1970er Jahre erstmals möglich, alle Funktionseinheiten eines Prozessors in einem Bauelement, einem Mikrochip zu integrieren. Heutige Prozessoren sind durchwegs solche *Mikroprozessoren* (engl.: microprocessor). Wie vorstehend beschrieben ist es sogar längst üblich, mehrere Prozessorkerne in einem Chip zu integrieren.

Ein **Chip** (engl.: chip; Synonym: Mikrochip) ist ein elektronisches Bauelement aus halbleitendem Material (meist Silizium), das einen integrierten Schaltkreis (engl.: integrated circuit, Abkürzung: IC) für Berechnungs- und/oder Speicherfunktionen enthält. Die Bauelemente der Schaltungen sind zum größten Teil Transistoren, aber auch Widerstände, Kondensatoren und andere Halbleiterbauelemente.



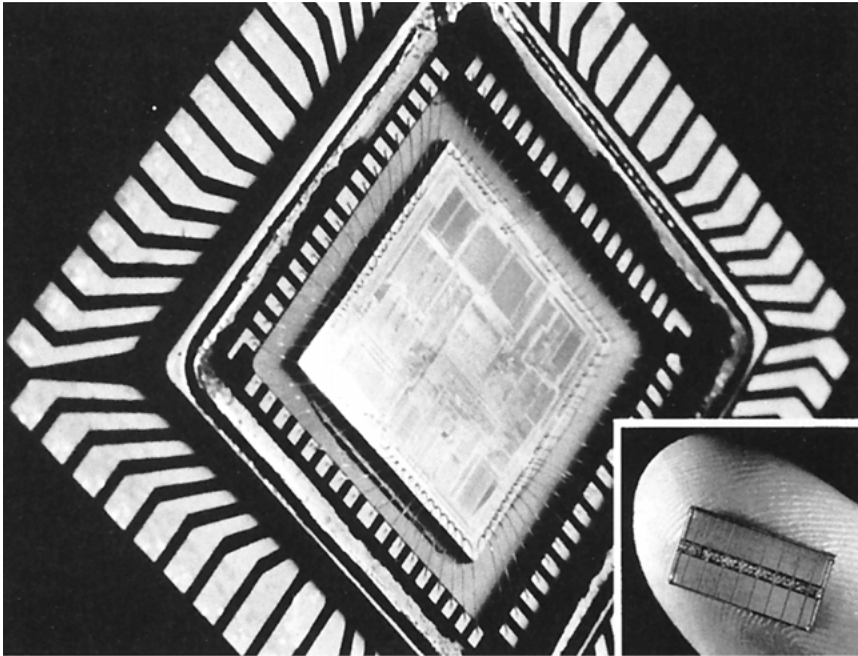


Abb. 11.4: Makrofotografie eines Chips und Chip in Originalgröße (unten rechts)

Die kleinsten Chips, die beispielsweise zur Steuerung mobiler Geräte verwendet werden, sind heute nur noch weniger als einen halben Quadratmillimeter groß und enthalten einige Zehntausend Transistoren. Die derzeit größten Intel-Chips integrieren über fünf Milliarden Transistoren. Der Mitbegründer des führenden Chip-Herstellers Intel, Gordon Moore, hat bereits 1965 vorhergesagt, dass die Zahl der Transistoren auf einem Chip alle zwei Jahre verdoppelt werden kann. Obwohl von Experten immer wieder physikalische Grenzen der Miniaturisierung prognostiziert wurden, hat das „*Moore'sche Gesetz*“ bisher Gültigkeit behalten. Abb. 11.5 zeigt ausgewählte Prozessoren von Intel mit deren Anzahl von Transistoren im Einführungsjahr auf einer logarithmischen Skala. Sie sehen, dass einige der neuesten Prozessoren sogar über der Trendlinie liegen.

B

Die in heutigen Chips verbauten Transistoren haben einen Durchmesser von 14 nm . Etwa tausend 14-nm -Transistoren würden auf die Oberfläche einer einzigen roten Blutzelle passen, mehr als 6.000 Stück entsprechen der Breite eines menschlichen Haars (90.000 nm). Solche Transistoren können pro Sekunde ungefähr 300 Milliarden Mal an- und abgeschaltet werden. Noch im Jahr 2008 hatten die technisch kleinsten herstellbaren Transistoren einen Durchmesser von 45 nm .

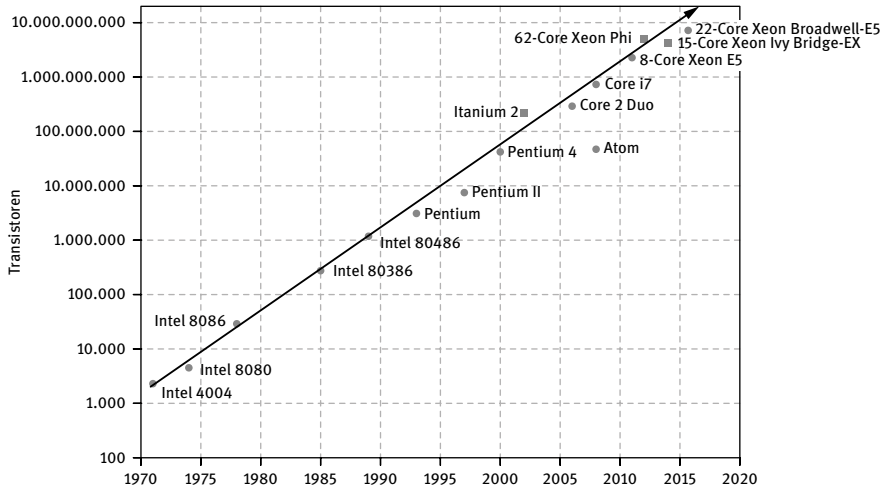


Abb. 11.5: Anzahl von Transistoren auf ausgewählten Intel-Prozessorchips

Grob kann man bei *Chips* zwischen Speicher- und Prozessorchips unterscheiden.

11.2.1 Speicherchips

Speicherchips haben die Aufgabe, Daten kurz- oder langfristig zu speichern. Aus allen Speicherchips können die darauf gespeicherten Daten gelesen werden, bei sehr vielen Speichern können die Daten auch aktualisiert (geschrieben) werden.

Ein **Schreib-Lese-Speicher** (engl.: read-write memory) ist ein Speicher, der gelesen und beschrieben werden kann. Im Gegensatz dazu ist ein **Festwertspeicher** (engl.: read only memory, Abkürzung: **ROM**) ein Speicher, der während des normalen Betriebs nur gelesen werden kann. Die gespeicherte Information ist entweder unveränderbar oder bedarf einer speziellen Operation zur Aktualisierung.



Die meisten Speicher sind – wenn nicht extra angeführt – Schreib-Lese-Speicher.

Ein **Direktzugriffsspeicher** (engl.: random-access memory, Abkürzung: **RAM**) ist ein Speicher, bei dem jede einzelne Speicherstelle über ihre fest zugeordnete Adresse gelesen oder beschrieben (und damit auch gelöscht) werden kann. Die Zugriffszeit ist für alle Speicherstellen in etwa gleich lang.



Ein weiteres wichtiges Merkmal von Speicherchips ist die Dauerhaftigkeit von Speicherinhalten bei Wegfall der Versorgungsspannung. Man unterscheidet entsprechend zwischen flüchtigen und nicht flüchtigen Speicherinhalten.



Ein **flüchtiger Speicher** (engl.: volatile memory) ist ein Schreib-Lese-Speicher, der bei Ausfall der Versorgungsspannung die gespeicherte Information verliert.

Beim Abschalten des Computers oder bei einem Stromausfall geht der gesamte Inhalt der flüchtigen Speicher verloren. Flüchtige Speicherchips haben extrem kurze Zykluszeiten (Zugriffszeit und eventuell notwendige Regenerationszeit). Sie werden dort verwendet, wo es auf besonders hohe Leistungen ankommt, zum Beispiel im Arbeitsspeicher oder in Videospeichern (Grafikkarten). Die gegenwärtig verbreitetsten flüchtigen Speicherchips sind DRAM- und SRAM-Chips.



Ein **nicht flüchtiger Speicher** (engl.: non-volatile memory) ist ein Speicher, dessen Inhalt auch ohne Versorgungsspannung erhalten bleibt.

Zu den nicht flüchtigen Speichern zählen Festwertspeicher (ROM), Flash-Speicher, magnetische Speicher (Magnetplatten, -bänder, Disketten), optische Speicher (CD, DVDs, BDs) und Datenträger aus Papier. Die derzeit verbreitetsten nicht flüchtigen Speicherchips sind ROM-Chips, bei denen man einige Varianten (FROM, PROM, EPROM, EEPROM) danach unterscheidet, ob der beliebig oft lesbare Inhalt irreversibel oder reversibel eingeschrieben wird und auf welche Weise dies geschieht, sowie die den EEPROM-Chips nahe verwandten Flash-Speicherchips.

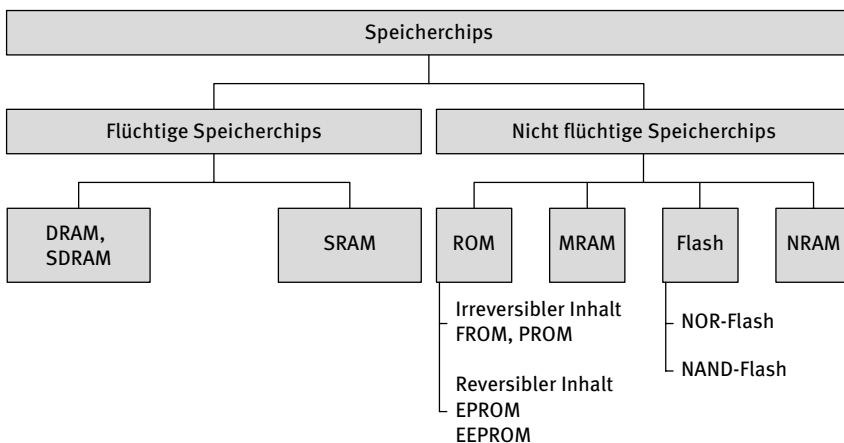


Abb. 11.6: Klassifikation von verbreiteten Speicherchips

Die Abb. 11.6 zeigt eine Klassifikation der gegenwärtig am häufigsten verwendeten Speicherchiptypen. Sowohl bei den flüchtigen als auch bei den nicht flüchtigen Speicherchips gibt es eine ganze Reihe von weiteren Speicherchiptypen, auf die wir hier jedoch nicht eingehen.

Flüchtige Speicherchips

Es gibt zwei grundlegende Typen von flüchtigen Speicherchips, die sich hinsichtlich der Technik der Datenhaltung unterscheiden:

1. *DRAM (Abkürzung von engl.: dynamic random-access memory)*

Ein *DRAM-Chip* ist ein flüchtiger Standardspeicherchip, bei dem für die Speicherzellen jeweils ein einziger Transistor zusammen mit einem Kondensator ausreicht. Die Kondensatoren entladen sich beim Auslesen sowie durch Leckströme, sodass sie in relativ kurzer Zeit – alle paar Millisekunden – aufgefrischt werden müssen. Die Zugriffszeit liegt je nach Taktrate zwischen 20 und 70 ns (Nanosekunden; 1 ns = 1/1.000.000.000 Sekunde, eine Milliardstel Sekunde). Die Zykluszeit – die auch die notwendige Erholungszeit zum Zurückschreiben der Daten und zur Vorbereitung des nächsten Zyklus inkludiert – beträgt knapp das Doppelte (etwa 130 ns bei 70-ns-DRAMs). DRAM ist ein sehr einfacher, billiger Speicher, der heute in seiner ursprünglichen Form kaum noch zum Einsatz gelangt und weitgehend von SDRAMs abgelöst wurde.

Bei einem *SDRAM-Chip* (Abkürzung von engl.: synchronous dynamic random-access memory) wird ebenso wie bei einem DRAM-Chip die Information in Kondensatoren gespeichert. Der Speicherzugriff erfolgt synchron zur Takttrate des externen Datenbusses (siehe Abschnitt 11.2.2), wodurch eine Leistungssteigerung gegenüber DRAM-Chips erzielt werden kann. Intern besteht ein SDRAM-Chip aus zwei Speicherbänken, auf die abwechselnd zugegriffen werden kann. Dadurch kann die benötigte Erholungszeit zwischen den Zugriffen überbrückt werden.

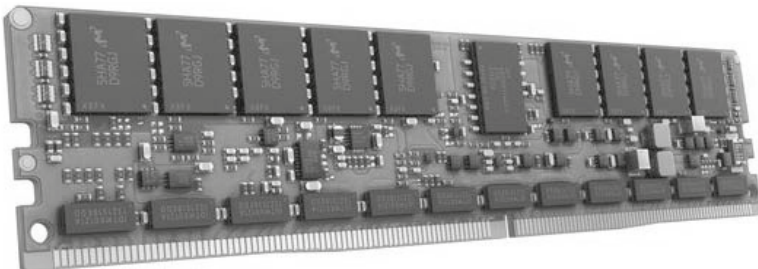


Abb. 11.7: SDRAM-Speichermodul (Quelle: Samsung)

Der Arbeitsspeicher, in dem die aktuell bearbeiteten Daten und Programme stehen, besteht aus SDRAM-Chips. Auch in viele Peripheriegeräte, wie zum Beispiel Drucker, sind solche Speicher integriert. SDRAM-Chips gibt es in vielen Varianten; aktuelle Typen mit hohen Datenraten und geringem Stromverbrauch sind zum Beispiel DDR3-, DDR4- und DDR5-SDRAM.

B

Der *Standard für DDR4* sieht Chips mit einer Kapazität von zwei bis 64 Gbit vor; pro Speichermodul werden meist mehrere dieser Chips verbaut. DDR5 soll 2019 auf den Markt kommen und verspricht mit bis zu 6,4 Gbit/s eine zweimal höhere Datentransferrate als DDR4.

2. SRAM (Abkürzung von engl.: *static random-access memory*)

Statisches RAM (abgekürzt: SRAM) muss nicht aufgefrischt werden und erlaubt dadurch wesentlich kürzere Zugriffszeiten als DRAM/SDRAM. Bei Wegfall der Versorgungsspannung geht ebenso wie bei DRAM/SDRAM der Inhalt verloren (flüchtiger Speicher). Als elementare Speicherzelle dient ein *Flipflop* (deutsch: bistabiles Kippglied), das aus sechs Transistoren besteht. Seine wesentliche Aufgabe ist die Wandlung von elektrischen Impulsen in Dauersignale. Das heißt, ein Flipflop kann zwei stabile Zustände annehmen, die nur durch äußere Einflüsse (Setz- beziehungsweise Rücksetzimpulse) änderbar sind. Der gespeicherte Wert ist am Ausgang des Flipflops abfragbar. Nachteilig sind die im Vergleich zu SDRAM-Chips größeren Abmessungen, die teurere Herstellung und der größere Energieverbrauch. Die dadurch erzeugte Wärme muss abgeführt werden.

Wegen der hohen Zugriffsgeschwindigkeit, die der CPU-Zykluszeit nahekommt, werden SRAM-Chips typischerweise in Cache-Speichern verwendet, die nicht auf dem Prozessorchip integriert sind (L2-Cache, L3-Cache; Näheres folgt später in diesem Abschnitt).

Nicht flüchtige Speicherchips

Aktuelle Typen nicht flüchtiger Speicherchips sind ROM-Chips und Flash-Speicherchips.

1. ROM

Wie erwähnt ist ein *Festwertspeicher* (Synonym: Festspeicher) oder *ROM* ein nicht flüchtiger Speicher, der während des normalen Speicherbetriebs nur gelesen werden kann. Die gespeicherte Information ist entweder unveränderbar oder die Änderung bedarf einer speziellen Operation (im Gegensatz zum RAM, bei dem die Daten beim Lesen verändert werden können).

Bei einem *irreversiblen Festwertspeicher* wird der Inhalt einmalig für immer fixiert und kann danach nur noch (beliebig oft) ausgelesen werden. Dies geschieht im Herstellerwerk nach den Kundenwünschen durch eine sogenannte *Maskenprogrammierung* (engl.: *factory ROM, FROM*) oder beim Anwender mithilfe spezieller Programmiergeräte (engl.: *programmable ROM, PROM*) durch „Einbrennen“ der Schaltwege mit kurzen, kräftigen Stromstößen. Bei einem *reversiblen Festwertspeicher* kann der Inhalt beim Anwender gelöscht und einige Male neu programmiert werden (engl.: *erasable PROM, EPROM*). Der Löschvorgang erfolgt üblicherweise durch eine Bestrahlung mit ultravioletttem Licht. Für das Löschen und das erneute Programmieren eines EPROM ist meistens eine Demontage des Geräts unumgänglich.

Letzterer Nachteil entfällt, wenn nicht nur die Programmierung, sondern auch das Löschen/Aktualisieren durch elektrische Impulse erfolgt (*EEPROM oder E²PROM*). Ein Unterschied zu RAM-Chips besteht darin, dass bei diesen die gespeicherte Information beliebig oft gelöscht werden kann (bei EEPROM-Chips nur einige Male). Für Änderungen ist kein Ein-/Ausbau und kein spezielles Gerät erforderlich; der Chip kann im verbauten Zustand im Rechner neu beschrieben werden. Um einen bestimmten Speicherbereich zu verändern, muss nicht der gesamte Chip gelöscht werden.

2. Flash

Ein **Flash-Speicher** ist ein spezieller EEPROM-Typ, dessen Inhalt durch Anlegen eines elektrischen Felds in bestimmten Speicherbereichen, sogenannten Sektoren oder Blöcken (zum Beispiel 512 Bytes), auf einmal gelöscht wird. Die Speicherzellen können nicht – wie bei gewöhnlichen EEPROM-Chips – einzeln gelöscht werden. Das Schreiben erfolgt je nach Chiparchitektur selektiv für jede einzelne Zelle oder auf einmal für einen gesamten Block. Flash-Speicher haben eine begrenzte Lebensdauer, die sich durch die maximale Anzahl von Löschzyklen ergibt.



Es gibt zwei gängige *Flash-Techniken*, die sich hinsichtlich der Schaltungen der Speicherzellen, der Datendichte und der Zugriffsgeschwindigkeit unterscheiden. Bei *NOR-Flash* sind die einzelnen Speicherzellen parallel (OR) in einem Gitter angeordnet und lassen sich wahlfrei und direkt auslesen. Deshalb eignen sich diese schnellen, vergleichsweise teuren Chips für die Programmspeicher von Mikroprozessoren. Bei *NAND-Flash* sind die Speicherzellen in größeren Blöcken, die über jeweils eine Datenleitung verfügen, in Reihe hintereinander (AND) geschaltet. Lesen und Schreiben der einzelnen Speicherzellen sind dadurch nicht direkt möglich, sondern es muss jeweils

ein ganzer Block (beispielsweise 128, 256, 512 oder 1.024 Bytes) auf einmal gelesen/geschrieben werden. Da weniger Datenleitungen benötigt und zwei oder vier Bits pro Zelle gespeichert werden können, sind NAND-Flashchips wesentlich kleiner als NOR-Flashchips gleicher Kapazität. Sie haben jedoch eine längere Zugriffszeit. NAND-Flash-Speicher kommen sehr häufig für die Speicherung von kleineren Datenmengen (einige KB, beispielsweise für Einstellungen von Konfigurationsdaten) in elektronischen Geräten und Rechnern zum Einsatz. Sie werden auch zunehmend für Server, Arbeitsplatzrechner und Notebook-PCs als allgemeiner Speicher oder für den Datenaustausch eingesetzt, entweder in Form von Halbleiterplatten (engl.: solid state disks, abgekürzt: SSD) oder USB-Sticks. In vielen mobilen Geräten (wie Digitalkameras, tragbaren Musikabspielgeräten, Tablets, Smartphones usw.) werden Flash-Speicher als eingebaute Speicher verwendet oder kommen als auswechselbare Speicherkarten (SD Card, Abkürzung von engl.: secure digital card, oder auch: microSD card) zum Einsatz.

B

Seit 2016 werden NAND-Flash-Speicherchips mit Kapazitäten bis zu 256 Gbit angeboten.

Die Hersteller geben für Flash-Speicherchips eine Lebensdauer von 10.000 Löschzyklen (NOR) beziehungsweise 100.000 Löschzyklen (NAND) an, die tatsächliche schadensfreie Nutzungsdauer dürfte jedoch wesentlich höher sein. Die gespeicherten Daten sollen bis zu 100 Jahre lang ohne Stromzufuhr erhalten bleiben.

Flash-Speicherchips sind heute die wichtigsten nicht flüchtigen Speicherchips. Die Zugriffszeit ist länger als bei RAM-Chips, aber wesentlich geringer als bei den schnellsten Magnetspeichern (Festplatten). Weitere *Vorteile von Flash-Speichern* im Vergleich zu magnetischen Speichern sind die hohe Datendichte, der geringe Energieverbrauch und die geringe Wärmeentwicklung beim Betrieb, die Resistenz gegen Erschütterungen und magnetische Felder, die geringen Abmessungen, das niedrige Gewicht, der geräuschlose Betrieb und die Haltbarkeit der Daten. Der wesentlichste *Nachteil* ist der hohe Preis. Trotz des enormen Preisverfalls in den letzten Jahren ist ein Flash-Speicher immer noch um ein Vielfaches teurer als eine Festplatte gleicher Kapazität.

Eine *Halbleiterplatte* (engl.: solid state disk, solid state drive, Abkürzung: SSD) ist ein extrem schneller, externer Massenspeicher mit hoher Kapazität, der aus einer großen Zahl von Flash- und/oder SDRAM-Chips aufgebaut ist. SSDs mit SDRAM-Chips haben die niedrigsten Zugriffszeiten beziehungsweise höchsten Datenübertragungsraten aller externen Speicher, bedürfen aber einer ständigen Stromzufuhr zur Erhaltung der aufgezeich-

neten Information. Es gibt sie schon seit Ende der 1970er Jahre und damit wesentlich länger als die Flash-SSDs; aufgrund des sehr hohen Preises waren und sind sie jedoch nur wenig verbreitet. Flash-SSDs werden hingegen laufend preisgünstiger, schneller und gewinnen dadurch Marktanteile. Der Name *Halbleiterplatte* hat nichts mit der Gestalt zu tun (keine Scheibe); die Benennung weist vielmehr darauf hin, dass dieser Datenträger von der Zentraleinheit wie eine Magnetplatte genutzt wird.

Die zuvor genannten NAND-Flash-Speicherchips werden von Samsung in einer 4-TB-SSD-Platte verbaut, die in Notebook-PCs genutzt werden kann.

B



Abb. 11.8: SSD-Platte mit 4 TB Kapazität (Quelle: Samsung)

Bei PCs ist das *elementare Ein- und Ausgabesystem* (BIOS; Abkürzung von engl.: basic input output system) in einem oder mehreren ROM- oder Flash-Speicherchips gespeichert. Das BIOS stellt hardwarenahe Routinen für die Ein- und Ausgabe sowie den Zugriff auf Hardwarekomponenten zur Verfügung. Es wird automatisch beim Starten des Rechners aktiviert, führt danach einen Selbsttest durch, initialisiert die Hardwarekomponenten und lädt das eigentliche Betriebssystem von einem Datenträger in den Arbeitsspeicher. Wenn das Betriebssystem während des laufenden Betriebs auf die Hardware zugreift, kann es BIOS-Routinen nutzen. Auch die Software zur Ansteuerung der Energiesparprogramme, zur Konfiguration von Adaptern von Peripheriegeräten oder für die Implementierung von Zugangsschutz ist in diesem Speicher integriert. Die Funktionalität und damit der Umfang des BIOS und die hierfür notwendige Speicherkapazität sind im Lauf der Zeit gewachsen. Inzwischen gibt es Versionen mit einem Umfang bis zu acht MB.

In kleinen tragbaren Geräten wie *Mobiltelefonen* und *Tablet-Computern* werden meist das komplette Betriebssystem und die Anwendungsprogramme in Flash-Speicherchips gehalten.

B

Die typische Flash-Speicherkapazität von Smartphones reicht derzeit (2019) von 1 GB bis 512 GB, die oft auch durch Flash-Speicherkarten weiter ausgebaut werden kann.

3. *MRAM (Abkürzung von engl.: magneto-resistive random-access memory)*

Im Gegensatz zu den genannten Speichertechnologien nutzen MRAMs magnetische Eigenschaften von Materialien zur Speicherung von Information, wobei die verwendeten Materialien ihren elektrischen Widerstand unter dem Einfluss magnetischer Felder ändern. MRAMs erreichen eine ähnliche Zugriffsrate wie SRAMs, benötigen allerdings weniger Schaltungen und erreichen somit eine ähnliche Speicherdichte wie DRAMs. Im Vergleich zu DRAMs haben sie einen deutlich geringeren Stromverbrauch. Im Vergleich zum Flash-Speicher haben MRAMs den Vorteil, dass deren Lebensdauer nicht durch die maximale Anzahl von Löschzyklen beschränkt wird.

MRAMs haben viele Eigenschaften, die sie als ideale Nachfolger von anderen Speicherverfahren erscheinen lässt. Allerdings hat sich dieses noch relativ neue Verfahren bisher nicht auf dem Markt durchgesetzt und ist noch Gegenstand intensiver Forschung, da sich bei der Massenfertigung bis dato Probleme ergaben.

B

2004 hat Infineon den ersten 16-Mbit-MRAM-Prototyp in 180-nm-Technik vorgestellt. 2006 hat Freescale mit dem Verkauf von 4-Mbit-MRAM-Speicherchips begonnen. Die Nachfolgefirma Everspin hat die MRAM-Technik weiterentwickelt und hat schon über 70 Millionen MRAM-Produkte verkauft. 2018 wurde die Massenproduktion von 256-Mbit-MRAM-Speicherchips in 40-nm-Technik aufgenommen. Große Speicherchiphersteller wie Samsung, Toshiba und SK Hynix investieren massiv in die MRAM-Forschung und -Entwicklung.

4. *NRAM (Abkürzung von engl.: nano random-access memory)*

Eine weitere, nicht flüchtige Speichertechnologie sind NRAMs, die auf Speicherzellen aus Kohlenstoff-Nanoröhrchen bestehen. Diese proprietäre Technik wird von der Firma *Nantero* entwickelt und ermöglicht die Speicherung von Inhalten über mehrere hundert Jahre ohne Energiezufuhr. Diese Technik ist derzeit in Entwicklung, wobei bereits Prototypen in der Form von DDR4-Speichermodule mit 16-Gbit-Chips möglich sind. Diese Technik ist interessant, da sie im Vergleich zu anderen nicht flüchtigen Speichertechniken relativ kostengünstig ist und im Vergleich mit den üblichen DDR4-SDRAMs keine Auffrischzyklen benötigt, wodurch die Transferrate verbessert werden kann.

11.2.2 Prozessorchips

Prozessorchips (engl.: processor chip) sind elektronische Bauteile, die von relativ einfachen Bausteinen zur Realisierung einzelner Prozessorfunktionen bis hin zu vollständigen Prozessoren und weitgehend vollständigen Rechnern reichen.

Mikroprozessoren

Ein vollständiger Prozessor, der auf einem Chip untergebracht ist, heißt **Mikroprozessor** (engl.: microprocessor).

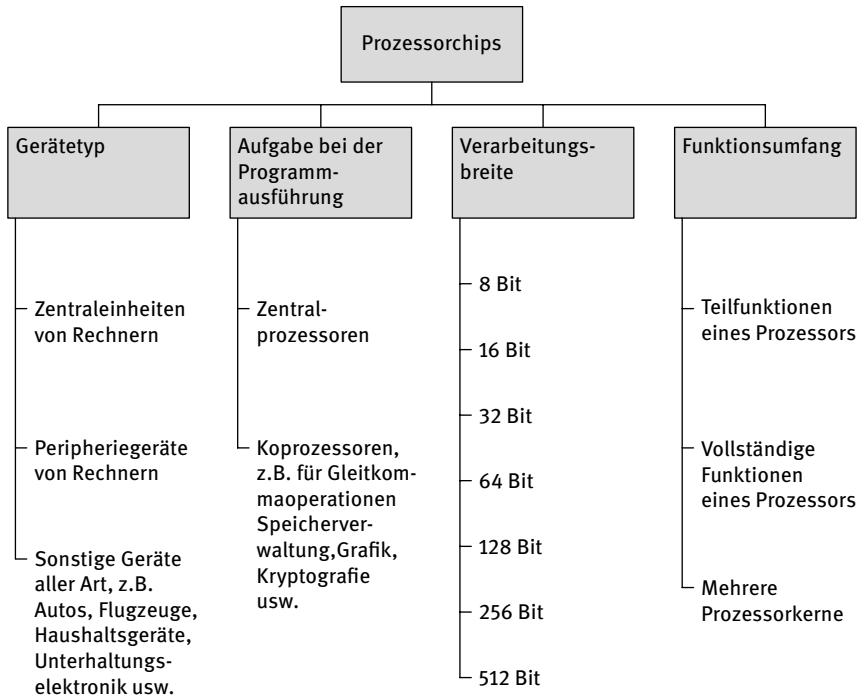


Abb. 11.9: Klassifikation von Prozessorchips

Mikroprozessoren enthalten alle Bauteile zur Ausführung von Maschinenbefehlen. Für die aktuell zu verarbeitenden Operanden und für die Speicherung von Zwischenergebnissen enthalten Prozessoren (genauer gesagt: Prozessorkerne) zusätzlich Speicherbereiche mit sehr geringer Speicherkapazität, die *Register*

(engl.: register) genannt werden. Die Anzahl der verfügbaren Register pro Prozessorkern hängt vom Prozessormodell ab. Die gängigen Intel-Prozessoren verfügen über 32 Register, bei anderen Modellen schwankt die Anzahl zwischen einem und 256 Registern.

Die Speicherkapazität eines Registers entspricht der *Länge eines Datenworts* (synonym Wort; engl.: word), die auch *Verarbeitungsbreite* (Synonym: Wortbreite; engl.: word size) genannt wird. Ein Prozessor kann bei einem Speicherzugriff ein Datenwort durch einen *Datentransferbefehl* aus dem Arbeitsspeicher in ein Register laden und kann dann ohne Wartezeiten auf den Inhalt des Registers zugreifen.

Oft enthalten Prozessoren neben Allzweckregistern auch *Register*, die für *spezielle Aufgaben* benötigt werden. So enthalten Prozessoren auch oft Gleitkommaregister (für die Verarbeitung von Gleitkommazahlen), Adressregister (für den Datentransfer), Vektorregister (für viele gleichartige Werte), Statusregister und ein Register, das auf den nächsten zu ladenden Befehl verweist (engl.: instruction pointer).

Gängige Zentralprozessoren verfügen meist über einen kleineren, schnelleren *Cache auf erster Ebene* (engl.: primary cache, level-1-cache, L1 cache), der direkt im Prozessorchip pro Prozessorkern integriert ist, und über einen weiteren Cache (oft) außerhalb des Chips (engl.: secondary cache, level-2-cache, L2 cache). Der L2-Cache wird verwendet, um Wartezeiten für Speichertransferbefehle aus dem Arbeitsspeicher zu reduzieren. Für Mehrkernprozessoren existiert oft noch ein weiterer Cache, der von mehreren Kernen gemeinsam genutzt wird (L3-Cache; siehe Abb. 11.10). Es existieren auch Rechnersysteme, die mehrere Speichercontroller pro Prozessor besitzen.

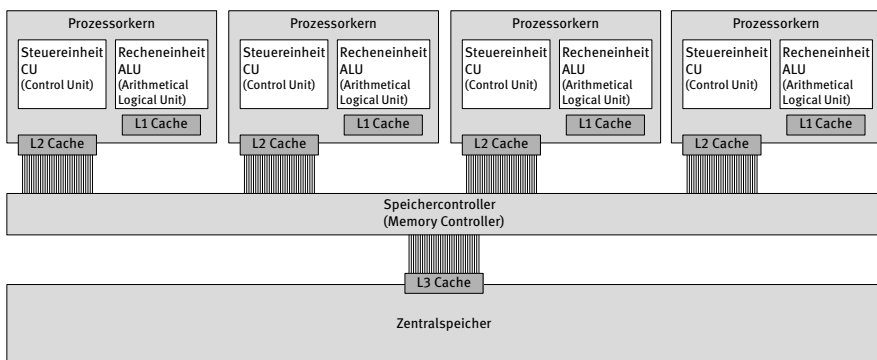


Abb. 11.10: Cache-Hierarchie (Vierkernprozessor)

Eine solche *Cache-Hierarchie* durch die Kombination von ein- oder mehrstufigem Cache und Arbeitsspeicher ist in fast allen Rechnern realisiert – weil für eine möglichst hohe Leistung ein „prozessorschneller“ Direktzugriffsspeicher

benötigt wird, die Kosten von schnellen Speichern aber noch deutlich höher sind als von langsamen.

Speichertyp	Speicherzugriffszeiten
Zugriff auf L1-Cache	~ 1 ns
Zugriff auf L2-Cache	~ 4 ns
Zugriff auf L3-Cache	~ 30 ns
Zugriff auf Zentralspeicher	~ 100 ns

Tab. 11.1: Ungefähre Speicherzugriffszeiten

Die ungefähren Zugriffszeiten auf die Speicher der Cache-Hierarchie sind in Tab. 11.1 dargestellt. Diese Zeiten sind unter anderem von der Taktrate des Rechners abhängig, wobei aber das Verhältnis der Zugriffszeiten in etwa konstant bleibt.

Mikroprozessoren (engl.: microprocessor) werden gewöhnlich anhand der internen Verarbeitungsbreite in **8-Bit-, 16-Bit-, 32-Bit-, 64-Bit-, 128-Bit-, 256-Bit- und 512-Bit-Prozessoren** eingeteilt.



Die Verarbeitungsbreite bestimmt nicht nur die Speicherkapazität von Registern, sondern auch *die internen und externen Datenleitungen* des Prozessors. Ein *8-Bit-Prozessor* hat somit in der Regel einen *acht Bit breiten Datenbus* (engl.: data bus), das heißt auf acht parallelen Datenleitungen können während einer (Takt-)Zeiteinheit acht Bits (= ein Byte) übertragen werden. Ein *32-Bit-Prozessor* kann über einen *32 Bits breiten Datenbus* die vierfache Informationsmenge (= vier Bytes) transferieren usw. Bei einem *128-Bit-Prozessor* kann der Datentransfer somit 16mal so schnell erfolgen wie bei einem 8-Bit-Prozessor. Manchmal unterscheidet sich die Anzahl der internen Datenleitungen (dem internen Datenbus) von der Anzahl der externen Datenleitungen (= externer Datenbus, zwischen Prozessor und Arbeitsspeicher). Wir orientieren uns bei der Klassifikation von Mikroprozessoren an der *internen Verarbeitungsbreite*.

Bis vor wenigen Jahren waren PCs und mobile Kleinrechner (Smartphones, Tablet-Computer) meist mit 32-Bit-Zentralprozessoren ausgestattet. Der Wechsel von 32-Bit- auf 64-Bit-Prozessoren erfolgte im PC-Bereich bei den leistungsfähigen Geräten etwa ab 2003, bei Smartphones wurden die ersten Geräte mit 64-Bit-Prozessoren 2011 angekündigt. Von den verbreiteten Prozessortypen existieren heute Varianten mit 32-Bit- und 64-Bit-Verarbeitungsbreite. Aus Kompatibi-

litätsgründen können die meisten 64-Bit Prozessoren auch Programme der entsprechenden 32-Bit-Varianten ausführen.

Eine wesentliche Limitation von 32-Bit-Prozessoren ist die *Beschränkung des Adressraums*, das ist der vom Prozessor adressierbare Bereich des Arbeitsspeichers. Prozessoren verwenden Speicheradressen, um Werte aus dem Arbeitsspeicher ansprechen zu können (beispielsweise, um einen Speicherinhalt in ein Register zu transferieren). Aus Effizienzgründen werden Speicheradressen als ganzzahlige Werte dargestellt, deren Repräsentationsgröße (siehe Abschnitt 10.1.4) der internen Verarbeitungsbreite entspricht. Bei 32-Bit-Prozessoren beträgt somit der maximale Adressraum 2 GB. Da auch von Programmen und vom Betriebssystem zahlreiche Größenangaben aus Effizienzgründen als ganzzahlige Werte in Datenwörtern gespeichert werden, ergeben sich noch zahlreiche weitere Beschränkungen, wie beispielsweise die maximale Dateigröße (von 2 GB bei einer Wortbreite von 32 Bit). Viele dieser Beschränkungen können entfallen, wenn ein Wechsel von einem 32-Bit-Prozessor zu einem 64-Bit-Prozessor durchgeführt wird.

Die leistungsstärksten Mikroprozessoren mit einer Verarbeitungsbreite von 256 Bit (vereinzelt sogar 512 Bit) sind auf *Grafikkarten* eingebaut und unterstützen einen Befehlssatz für Multimediaoperationen.

Die *Verarbeitungsbreite* ist also ein wesentliches Kriterium für das *Leistungsvermögen eines Mikroprozessors*. Eine weitere Leistungs determinante ist die *Taktzeit* (= Zykluszeit; engl.: cycle time), das heißt die immer gleich lange, zyklisch aufeinander folgende Zeitspanne, die für die Abarbeitung der Befehle zur Verfügung steht. Die Taktzeit wird durch die *Taktrate* (*Taktfrequenz*, engl.: clock rate) bestimmt und wird in *Megahertz* (Abkürzung: MHz; 1 MHz = 1 Million Zyklen pro Sekunde) oder *Gigahertz* (Abkürzung: GHz; 1 GHz = 1 Milliarde Zyklen pro Sekunde) gemessen.

B

Früher wurden Leistungsfortschritte von PC-Mikroprozessoren vor allem durch die *Steigerung der Taktraten* realisiert. In den 1970er Jahren betrugen zum *Beispiel* bei den auf dem Markt dominierenden *Intel-PC-Prozessoren* die Taktraten bis zu 10 MHz (8086), in den 1980er Jahren bis zu 50 MHz (80286, 80386, 80486), in den 1990er Jahren bis zu 0,5 GHz (Pentium, Pentium Pro, Pentium 4) und in der ersten Hälfte der 2000er Jahre bis zu 3,6 GHz (Pentium 4). Wegen des mit der steigenden Taktrate und den kleiner werdenden Chips verbundenen höheren Stromverbrauchs und der steigenden Wärmeabgabe wurde damit eine Grenze erreicht, die seither nicht mehr überschritten worden ist. Insbesondere die immer wichtigeren mobilen Systeme erfordern einen sparsamen Stromverbrauch. Außerdem wurden die hohen Taktraten durch die Arbeitsspeicherlatenz (erhöhte Wartezeiten bei der Fließbandverarbeitung bei Speichertransferbefehlen) zum Teil unwirksam gemacht. Deshalb wurde in den letzten Jahren zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit die verstärkte Parallelverarbeitung betont. Dies führte zu einer verbesserten Fließbandverarbeitung und auch zu einer Erhöhung der Anzahl der Kerne pro Prozessor.

Ein-Chip-Computer

Die Fortschritte der Mikroelektronik haben es möglich gemacht, zunehmend mehr Rechnerfunktionen – und zwar sowohl Speicher- als auch Prozessor- und Ein-/Ausgabefunktionen – zu miniaturisieren und auf einem einzigen Chip zusammenzufassen.

Bei einem **Ein-Chip-Computer** (engl.: system on a chip; abgekürzt: SoC) sind alle Funktionseinheiten eines Rechners auf einem einzigen Chip integriert. Dieser Chip enthält neben der Zentraleinheit (Zentralprozessor und Zentralspeicher) auch Ein-/Ausgabekomponenten, Taktgeber, Schnittstellen zu externen Geräten (beispielsweise USB, Ethernet, FireWire), Komponenten für die Umwandlung von digitalen Signalen in analoge und umgekehrt, wie auch drahtlose Sende- und Empfangseinrichtungen.



Der genaue Funktionsumfang, der auf Ein-Chip-Computern bereitgestellt wird, schwankt je nach Produkt und Verwendungszweck, wobei das Anwendungsspektrum immer größer wird.

Ein-Chip-Computer dienen als sogenannte **Mikrocontroller** (engl.: microcontroller unit; Abkürzung: **MCU**) zur Überwachung und Steuerung von Prozessen oder Umweltbedingungen. Zusätzlich werden sie als **eingebettete Systeme** (engl.: embedded systems) in Haushaltsgeräten, Geräten der Unterhaltungselektronik, in Maschinen und Fahrzeugen eingesetzt.



Während es bei den traditionellen eingebetteten Systemen im Vordergrund stand, die internen Funktionen von Geräten zu steuern, werden beim *Internet der Dinge* (engl.: Internet of things; abgekürzt: IoT; siehe Kapitel 1) die Geräte untereinander und mit Informationssystemen vernetzt.

Ein *Beispiel* für einen Ein-Platinen-Rechner mit einem Ein-Chip-Computer ist der *Raspberry Pi*, der in England von der *Raspberry Pi Foundation* gefertigt wird. Der erste Raspberry Pi wurde 2012 vorgestellt und um etwa 25 Euro verkauft. Der günstigste Raspberry Pi ist der Pi Zero, der um etwa 5 Euro verkauft wird. Das aktuelle Modell ist der Pi 3 (siehe Abbildung Abb. 11.11) der über einen 32-Bit-Vierkern-ARM-Prozessor von *Broadcomm*, einen Arbeitsspeicher von 1 GB sowie über zahlreiche Anschlüsse wie HDMI, USB oder Ethernet verfügt. Die Leistungsaufnahme liegt zwischen 1,5 und 7 Watt. Der Rechner kann mit diversen Unix-Varianten (Linux, BSD) sowie mit Windows 10 IoT Core betrieben werden.





Abb. 11.11: Raspberry Pi 3, Model B+ (Quelle: Raspberry Pi Foundation)

Der Vorteil der Ein-Platinen-Rechner ist, dass auf der Platine eine hohe Zahl von Anschlüssen realisiert werden kann, sodass diese ähnlich wie PCs oder kleine Serverrechner eingesetzt werden können. Die meisten dieser Rechner benötigen allerdings einen durchgängigen Stromanschluss.

Vor allem in mobilen Rechnern und Wearables werden zunehmend Ein-Chip-Computer eingesetzt, die mit drahtlosen Netzwerkfunktionen ausgestattet sind. Entsprechende Rechner können autonom mit einer kleinen Batterie betrieben werden. Die meisten heute verfügbaren Smartphones verwenden Ein-Chip-Computer auf Basis der ARM-Architektur, wobei 32-Bit und 64-Bit Varianten im Einsatz sind.

Die *Vorteile von Ein-Chip-Computern* liegen in der kleinen Baugröße, den geringen Fertigungskosten und der geringen Leistungsaufnahme (Stromverbrauch). Zu den *Nachteilen* gegenüber traditionellen Rechnersystemen gehören, dass sie nicht erweiterbar sind (beispielsweise fixe Größe des Zentralspeichers, keine Möglichkeit der nachträglichen Erweiterung durch zusätzliche Komponenten), und dass sie im Vergleich zu mikroprozessorbasierten Systemen über eine deutlich geringere Leistungsfähigkeit verfügen (geringere Rechenleistung, geringe Speicherkapazitäten). Für viele Anwendungsbereiche ist allerdings die Leistungsfähigkeit völlig ausreichend.

Ein-Chip-Computer werden auch in *Chipkarten* integriert, die als Ausweise, Kreditkarten usw. ausgegeben werden. Auf den heute verfügbaren Chipkarten fehlt die externe Stromversorgung überhaupt. Chipkarten sind größtenteils passive Computer, die erst bei Stromversorgung aktiv werden. Die Stromversorgung

wird beim Einschub einer Chipkarte in ein Lesegerät bereitgestellt, kann aber auch bei *kontaktlosen Chipkarten* drahtlos erfolgen, wie beispielsweise über *RFID* (Abkürzung von engl.: radio-frequency identification) oder *NFC* (Abkürzung von engl.: near field communication). *Kontaktlose Chipkarten* beziehen ihre Energie drahtlos aus Funksignalen, die über kurze Distanzen übertragen werden. Diese Energie reicht für diese Chipkarten aus, um als Antwort auf die Funksignale eine geringe Datenmenge zu übertragen (beispielsweise eine Identifikationskennung, einen Betrag).

11.3 Arten von Rechnern

Nachdem wir bis dato die Funktionsweise und die wichtigsten Bestandteile von Rechnern behandelt haben, widmen wir uns nun der Verwendung von Rechnern. Je nach Verwendungszweck und angestrebter Leistungsfähigkeit werden Rechner in Kategorien nach Preisspannen oder technischen Kenndaten abgegrenzt. Solche Größen unterliegen allerdings im Zeitablauf großen Änderungen – und zwar bei den einzelnen Rechnerkategorien mit unterschiedlichem Tempo.

11.3.1 Unterscheidung nach Leistungsklassen

Früher ging man von den folgenden *Rechnerkategorien* aus:

- Großrechner (engl.: mainframe computer),
- Minicomputer (engl.: mini computer),
- Workstation (engl.: workstation),
- Personalcomputer, abgekürzt PC (engl.: personal computer)

Diese *klassische Einteilung* erfolgte primär nach der Leistung und der möglichen Zahl der Benutzer; hiervon sind im Allgemeinen die Bedienungserfordernisse, das Betriebssystem, der Preis und damit die Anzahl der Installationen abhängig.

Von *Mitte der 1950er bis Mitte der 1980er Jahre* dominierten einzelne, teure *Großrechner* in Rechenzentren von Großunternehmen, an die Hunderte oder Tausende von Bildschirmen in den Fachabteilungen angeschlossen waren. Großrechner kosteten im Bereich von Hunderttausend bis mehreren Millionen Euro und verlangten speziell ausgebildete Bedienkräfte für den laufenden Betrieb. Ab *Mitte der 1960er Jahre* bekamen sie zunehmend Konkurrenz von kleineren, preisgünstigeren *Minicomputern*, die sich auch Mittelbetriebe und

größere Abteilungen (vorwiegend im Finanz- und Rechnungswesen und im technischen Bereich) leisten konnten. Die Minicomputer waren oft mehr als um einen Faktor 10 billiger als Großrechner und konnten im Gegensatz zu den Großrechnern bereits in Büroräumen aufgestellt werden. Während Großrechner mit Schrankwänden vergleichbar waren, wiesen Minicomputer Schrankgröße auf.

Anfang der 1980er Jahre begann der Durchbruch der wesentlich preisgünstigeren *Arbeitsplatzrechner (PCs und Workstations)*, der zu drastischen Marktanteilsverlusten zuerst bei Großrechnern und dann bei Minicomputern führte. Arbeitsplatzrechner waren die ersten Rechner, die in Massenproduktion gefertigt wurden. Die weltweiten Verkaufszahlen erreichten 2011 mit etwa 350 Millionen Stück pro Jahr ihren Höhepunkt und sind seitdem leicht rückläufig. Die Anwendungen von Arbeitsplatzrechnern reichen von Hochleistungsrechnen (im technisch-wissenschaftlichen Bereich) über Geräte, die im Privatbereich für Spiele genutzt werden und hohe Grafikleistung benötigen bis zu Rechnern mit deutlich geringeren Anforderungen (beispielsweise für Textverarbeitung und Internet-Zugriff). Auch bereits seit Anfang der 1980er Jahre wurden die ersten portablen Arbeitsplatzrechner vertrieben. Hohe Verbreitung erreichten diese jedoch erst ab 2003, als 17-Zoll-Flachbildschirme in die Geräte integriert wurden. Als Notebook-PCs konnten diese Geräte in Aktentaschen transportiert werden und standen in puncto Rechenleistung den meisten Desktop-PCs nicht wesentlich nach.

Seit Anfang der 2010er Jahre erleben sehr kleine tragbare Geräte wie *Mobiletelefone* (engl.: mobile phone, cellular phone; umgangssprachlich: Handy) und *Tablet-Computer* als *persönliche Informationshilfsmittel* einen Boom.



Persönliche Informationshilfsmittel (engl.: information appliance; Abkürzung: IA) sind mobile Endgeräte für Individuen, die als universelles Instrument verwendet werden, um sowohl geschäftliche als auch private Aufgaben zu erledigen.

Zu den wichtigsten persönlichen Informationshilfsmitteln zählen heute vor allem *Smartphones* und *Tablet-Computer*, die von praktisch überall den Zugang zu betrieblichen und persönlichen Informationssystemen ermöglichen (siehe Kapitel 1). Die Gerätevielfalt nimmt fast täglich zu und reicht bis zu *am Körper tragbaren Rechnern* (engl.: wearable computer) – als Uhr, Brille, Halskette oder in die Kleidung eingenäht.

Durch die fortlaufende Miniaturisierung und die Kostenreduktion durch Ein-Chip-Computer werden Rechner auch zunehmend in alle möglichen *Gebrauchsgegenstände des täglichen Lebens* verbaut. Wenn diese Computer mit

Netzwerkzugang ausgestattet sind, dann können diese automatisch auf Information aus dem Internet zugreifen und auch Information laufend an weitere Informationssysteme liefern (vergleiche Internet der Dinge in Kapitel 1). Durch diese Möglichkeiten steigt die Anwendungsvielfalt, die von intelligenten Haushaltsgeräten und Glühbirnen über die aktive Verfolgung von Produktionsvorgängen und Vertriebsprozessen bis zu intelligenten Verkehrslösungen reicht. Viele dieser intelligenten Geräte werden nicht nur von einer sondern von vielen Personen genutzt.



Abb. 11.12: Ein-Chip-Computer mit Bluetooth und aufladbarer Batterie (Quelle: Intel)

Die in Geräten verbauten Ein-Chip-Computer können sehr viele Aufgaben erfüllen. Abb. 11.12 zeigt den 2015 vorgestellten *Intel-Curie-Computer*, der unter anderem drahtlose Netzwerkfunktionen in sich vereint. Der Rechner verfügt über den standardmäßigen Intel-Befehlssatz, wodurch eine Fülle von Software ohne größeren Portieraufwand lauffähig ist. Dadurch können auch Funktionen, die beispielsweise von PC-Systemen wahrgenommen werden, in intelligente Geräte verlagert werden.

B

Tab. 11.2 zeigt Ihnen zusammenfassend die Blütezeiten von unterschiedlichen Rechnerkategorien im Überblick. Persönliche Informationshilfsmittel könnten bald den derzeit dominierenden PCs ein ähnliches Schicksal bescheren wie einst diese den Großrechnern und Minicomputern. Wenn wir in der Abbildung von einer „Blütezeit“ sprechen, dann heißt das nicht zwingend, dass die Rechner dieser Ära danach nicht mehr verwendet werden. Es kommt häufig vor, dass eine neue Technik die ältere Technik nicht vollständig ablöst, sondern sie ergänzt und allmählich die Vorherrschaft übernimmt. Großrechner werden heute noch häufig in einer ähnlichen Form wie in den 1990er Jahren eingesetzt. Bei-

Computerära	Großrechner	Mini-computer	Arbeitsplatz-rechner	Persönliche Informations-hilfsmittel	Computer-gestützte Geräte
Blütezeit	1955–1985	1965–1985	1980–2010	2000 +	2010 +
Installationsort	Klimatisiertes Rechenzentrum	Büro	Schreibtisch	In der Hand oder am Körper getragen	In Dingen des täglichen Lebens verbaut
Preis in Euro	250.000–10.000.000	10.000–100.000 +	400–60.000 +	150–700	50–300
Zahl der Nutzer	100+	10 +	1 +	1	1 +
Nutzungszeit in Jahren	5–7	4 +	2 +	1 +	1 +
Verkaufte Einheiten pro Jahr in Millionen bzw. Marktpotenzial	0,010	0,100	300	1.000	100.000
Treibende Kräfte bzw. Schlüssel-nwendungen	Unternehmensweite Massen- und Routinedatenverarbeitung, Time-Sharing	Einsatz in technischen und kaufmännischen Bereichen	Rechenleistung am Arbeitsplatz und in privaten Haushalten	Inanspruchnahme von Internet-Diensten jederzeit und überall	Internet der Dinge, intelligente Fertigungs- und Vertriebssysteme, Sensornetze

Tab. 11.2: Rechnerkategorien nach Computerzeitaltern

spielsweise sind diese weiterhin im Finanzdienstleistungsbereich (Banken, Versicherungen) in hohem Maß im Einsatz. Das liegt zum Teil daran, dass dort weiterhin sehr hohe Rechenleistungen erforderlich sind, und zum Teil daran, dass in diesen Branchen oft pro Rechner hunderttausende Anwendungsprogramme installiert sind, die über Jahrzehnte weiterentwickelt wurden, und die nur mit erheblichem Aufwand auf andere Plattformen portiert werden können.

Wie Abb. 11.13 zeigt erreichten die Absatzzahlen von Schreibtisch- und Notebook-PCs im Jahr 2011 ihren Höhepunkt und sind seitdem rückläufig. Ein Teil dieses Rückgangs ist durch die Verbreitung von Tablet-Computern erklärbar, bei denen die Absatzzahlen in 2014 ihren Höhepunkt erreichten. 2011 wurden laut Gartner etwa 500 Millionen Smartphones verkauft, 2017 waren es bereits 1,5 Milliarden. Dies lässt vermuten, dass viele Nutzungen von Informationsangeboten zunehmend über Smartphones erfolgen.

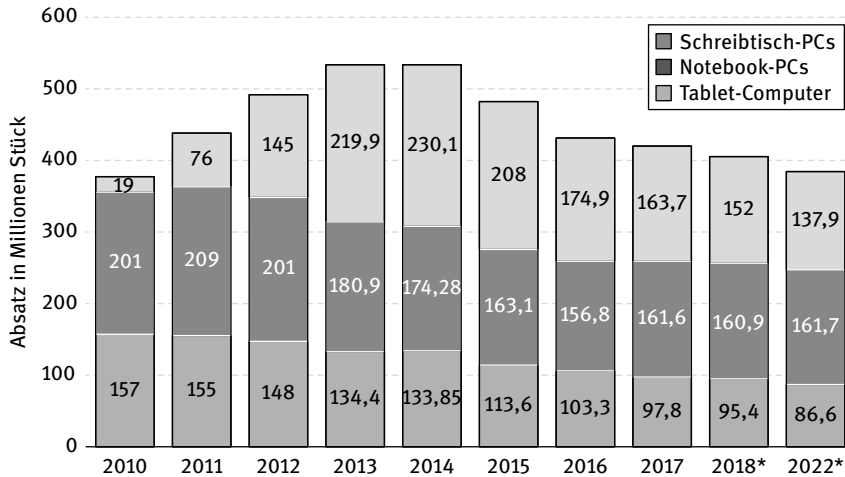


Abb. 11.13: Weltweite Absatzzahlen von Schreibtisch-PCs, Notebook-PCs und Tablet-Computern, * für 2018 und 2022 geschätzte Werte (Quelle: www.statista.com)

11.3.2 Unterscheidung nach Nutzungsmustern

Arbeitsplatzrechner und persönliche Informationshilfsmittel sind typischerweise *Rechner für einen einzelnen Benutzer*. Das heißt nicht zwingend, dass diese Rechner und die auf einem solchen Rechner verfügbaren Dienste nur von einem Benutzer verwendet werden können. Wenn das Betriebssystem des Rechners eine Benutzerverwaltung enthält, können mehrere Benutzer über unterschiedliche Benutzerkennungen das System nutzen, indem sie sich am Rechner anmelden. Auf dem Rechner können auch Dienste installiert sein, die von verschiedenen Benutzern verwendet werden (beispielsweise ein Dateiserver oder ein Webserver). Diese Rechner verfügen meist über grafische Bildschirme. Während Arbeitsplatzrechner meist über *Tastatur und Maus* bedient werden, sind bei den persönlichen Informationshilfsmitteln *berührungsempfindliche Bildschirme* (engl.: touch screen) vorrangig.

Dieser Rechnerkategorie stehen Rechner gegenüber, die typischerweise von einer Vielzahl von Benutzern verwendet werden, die meist ohne direkt angeschlossenen Bildschirm über das Netzwerk auf die Dienste dieser Rechner zugreifen. Die dienst anbietenden Programme werden *Serverprogramme* (kurz: Server; engl.: server), die dienstnutzenden Programme *Klientenprogramme* (kurz: Klienten; engl.: client) genannt. Nach der vorrangigen Benutzung spricht man von *Serverrechnern*.



Abb. 11.14: Serverschrank des Learn@WU-Servers

Typische Serverrechner stehen nicht am Arbeitsplatz, sondern in einem eigenen, meist klimatisierten *Serverraum*. Wenn eine Vielzahl von Benutzern in ihrer Arbeit von diesen Rechnern abhängen, ist es wichtig, dass diese möglichst unterbrechungsfrei zur Verfügung stehen. Demgegenüber können persönliche Rechner jederzeit vom Besitzer abgeschaltet und an einen anderen Ort geschafft werden. Serverrechner sollten an eine *unterbrechungsfreie Stromversorgung* (Abkürzung USV; engl.: uninterruptible power source) ange-

geschlossen sein. Der Zugang zu Serverrechnern sollte beschränkt werden, um einem möglichen Datendiebstahl entgegenzuwirken, oder das Entfernen von Kabeln, Bedienen von Schaltern oder Ähnliches durch Unbefugte zu verhindern, denen die Konsequenzen dieser Handlungen möglicherweise nicht bewusst sind.

Großrechner sind typische Serverrechner. Die am häufigsten eingesetzten Serverrechner verwenden standardmäßige leistungsfähige PC-Komponenten, die deutlich kostengünstiger sind. Diese PCs werden in Serverräumen meist nicht in den Schreibtischgehäusen, sondern in standardisierten *Schränken* (engl.: rack) verbaut, in denen eine Vielzahl von Rechnern auf engstem Raum untergebracht werden kann (siehe Abb. 11.14).

Die großen *Datenzentren für Cloud-Computing* von beispielsweise Google, Amazon, Facebook oder Microsoft umfassen in der Größenordnung hunderttausend und mehr Rechner. Einige dieser Anbieter haben wichtige Pionierarbeiten für den Betrieb und die Wartung von derartig großen Installationen betrieben, die oft an eigene Kraftwerke für die Stromversorgung angeschlossen sind.

Für die Datenzentren der *Amazon Web Services* (abgekürzt: AWS) wurden beispielsweise eigene Container-Systeme namens Amazon Perfix für den modularen Aufbau entwickelt. Diese begehbaren Container sind weitgehend autonom und enthalten neben einer Vielzahl von Rechnern eine zentrale Kühlung und Stromversorgung. Die Container können modular erweitert und zusammengeschlossen werden.

B

11.4 Aufbau und Funktionsweise von Software

Gemeinsam mit dem Begriff der *Hardware* wurde auch der Begriff der *Software* geprägt. Während die Hardware die physischen, materiell angreifbaren Komponenten umfasst, bezeichnet die Software die immateriellen Anteile, die in Form von Programmen die Funktionsweise des Rechners steuern.

Software (engl.: software) ist ein Sammelbegriff für Computerprogramme.

!

In den folgenden Abschnitten lernen Sie zunächst, was Software ist und wie Software entsteht. Danach wenden wir uns den Arten von Software zu und gehen knapp auf die Software ein, die für den Betrieb von Rechnern und für die Entwicklung von Programmen notwendig ist. Die *Anwendungssoftware* (die Softwareanteile, die für betriebliche Funktionen und Abläufe verantwortlich sind) ist Bestandteil anderer Kapitel (beispielsweise Kapitel 5, 6 und 7).

Wie zuvor im Abschnitt über Prozessoren (Abschnitt 11.1.2) erklärt, führt ein Prozessor Maschinenbefehle aus, die in ihrer Gesamtheit als *Befehlssatz* bezeichnet werden. Ein auf einem Rechner ausführbares Programm besteht somit aus einer Reihe von detaillierten Anweisungen an den Rechner in Form von Maschinenbefehlen. Ein Programm besteht jedoch nicht nur aus Anweisungen, sondern enthält auch Daten (die Operanden der Befehle), die entweder im Programm fest codiert sind, oder die zur Laufzeit von Speicheradressen gelesen werden. Das Programm muss in den Arbeitsspeicher geladen werden, bevor es dort ausgeführt werden kann. Das Maschinenprogramm ist letztendlich eine Folge von Nullen und Einsen, die vom Prozessor interpretiert werden. Wenn Menschen Programme als Folge von binären Zeichen erstellen würden, wäre dies sehr aufwendig und fehleranfällig. Programme müssen von Menschen gelesen und verstanden werden, um diese weiterzuentwickeln, um Fehler zu erkennen und Veränderungen in den Programmen durchführen zu können. Deshalb wurden über die Jahre viele Ansätze entwickelt, um Programme mit weniger Aufwand und in einer Form zu entwickeln, die für den Menschen besser nachvollziehbar ist.

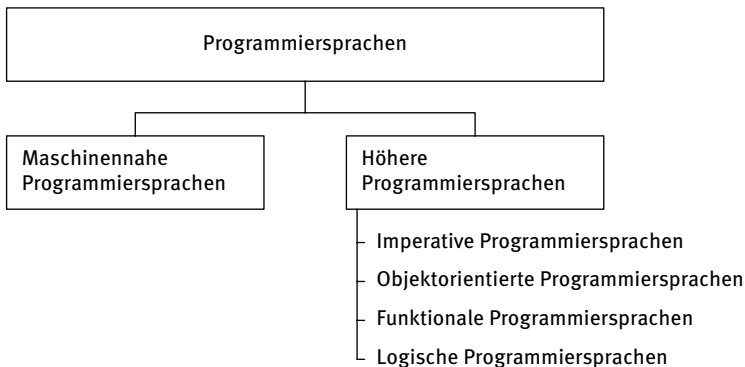


Abb. 11.15: Übersicht Programmiersprachen

Programme werden in *Programmiersprachen* (engl.: programming language) verfasst und in eine Form transformiert, die möglichst effizient verarbeitet werden kann (siehe Abb. 11.15).



Eine **Programmiersprache** (engl.: programming language) ist eine Sprache zur Formulierung von Rechenvorschriften (Algorithmen), die von einem Computer ausgeführt werden können. Mittels Programmiersprachen werden komplexe Aufgabenstellungen durch eine detaillierte Folge von Rechenanweisungen und Datenbeschreibungen in einer automatisierbaren Weise definiert.

Je nach Mächtigkeit der Sprache unterscheidet man zwischen *maschinennahen Programmiersprachen* und *höheren Programmiersprachen*.

11.4.1 Maschinennahe Programmiersprachen

Eine Sprache, die den Aufbau der Befehle der Maschinensprache beibehält und die Befehle und Speicheradressen durch symbolische Ausdrücke (Namen) beschreibt, wird **maschinennahe Programmiersprache** (Synonym: Assemblersprache; engl.: assembler language) genannt.



Ein Entwickler, der in einer maschinennahen Programmiersprache programmiert, muss bei der Programmierung nicht unbedingt wissen, wie diese Befehle im Arbeitsspeicher (binär) codiert werden. Stattdessen wird bei der Programmierung für jeden Maschinenbefehl eine *mnemotechnische Abkürzung* (engl.: mnemonic) bestehend aus meist zwei bis vier Buchstaben als Befehlsname verwendet.

Die *Addition der Konstanten 3 und 4* hat für die Intel-Pentium-Prozessor-Familie folgende Form: Die erste angeführte Instruktion lädt die Konstante 3 in das Register BL des Prozessors. „MOV“ (von engl.: move) ist hier die Operation, „BL, 3“ bezeichnet die Operanden. Die zweite Instruktion verwendet die Operation „ADD“ (von engl.: add), um zu dem aktuellen Wert im Register BL die Konstante 4 zu addieren.



```
MOV BL, 3
```

```
ADD BL, 4
```

Nach der Ausführung dieser Instruktionen steht das Ergebnis der Addition (der Wert 7) im Register BL. Dies ist nur ein stark vereinfachtes Beispiel. Für die meisten Verwendungszwecke werden die Werte 3 und 4 keine Konstanten sein, sondern werden in veränderlichen Speicherbereichen liegen (man spricht dann von Variablen). Das Ergebnis wird ebenfalls meistens in einer Variablen abgelegt. Dies kann durch weitere Instruktionen erreicht werden.

Die Binärdarstellung dieses Beispielprogramms hat folgende Form:

```
1011 0011 0000 0011
```

```
1000 0000 1100 0011 0000 0100
```

In jeder Zeile steht zuerst die Binärcodierung des Befehls gefolgt von der Binärcodierung der Operanden. Beachten Sie, dass die Binärdarstellung 0000 0011 dem Wert 3 und 0000 0100 dem Wert 4 entspricht.

Das Beispiel dient nur zur Verdeutlichung des Grundprinzips. Sie brauchen die Codierung von Maschinenbefehlen nicht zu kennen; auch Programmentwickler brauchen diese Werte in der Regel nicht zu wissen, da die Übersetzung von dem Programmcode in der maschinennahen Programmiersprache in die binäre, ausführbare Form durch ein Programm erfolgt.



Ein **Assembler** (auch: Assembler, engl.: assembler) ist ein Übersetzungsprogramm, das ein in einer maschinennahen Sprache abgefasstes Programm in ein auf dem Prozessor direkt ausführbares Programm umwandelt (assembliert).

Beachten Sie, dass nun das Programm in zwei Formen vorliegt: Zum einen existiert das Programm in einer maschinennahen Sprache und zum anderen als Binärcode. Aus der Sicht der Übersetzung ist das Programm in der maschinennahen Form der *Quellcode* (engl.: source code) und das Programm in der ausführbaren Form der *Binärcode* (engl.: binary code). Um das Programm später zu modifizieren, wird der Quellcode benötigt. Um das Programm auszuführen, ist nur der Binärcode notwendig.

Das Erstellen von Programmen in maschinennahen Sprachen hat nicht nur das Problem, dass dies immer noch sehr aufwendig ist, sondern dass entsprechende Programme zudem vom Befehlssatz des Prozessors abhängig sind. Soll das Programm auf einem Rechner mit einem anderen Befehlssatz ausgeführt werden, muss es entsprechend neu geschrieben werden. Nur in Einzelfällen, in denen sehr kurze Verarbeitungszeiten, sehr geringer Speicherbedarf oder Zugriff auf spezielle Hardwarekomponenten notwendig sind, werden auch heute noch Programme in maschinennahen Sprachen „handcodiert“.

Deshalb werden für die Entwicklung von Anwendungsprogrammen überwiegend *höhere Programmiersprachen* verwendet, die problemnähere Ausdrucksmittel als die maschinennahen Programmiersprachen anbieten.

11.4.2 Höhere Programmiersprachen



Eine Sprache, deren Befehle sich am Anwendungsbereich orientieren, wird als **höhere Programmiersprache** (engl.: higher level programming language) bezeichnet. Höhere Programmiersprachen abstrahieren vom Befehlssatz des Prozessors und verwenden Elemente der natürlichen Sprache und/oder der Mathematik für das Formulieren von Programmen.

Höhere Programmiersprachen sind weitgehend unabhängig von dem zugrunde liegenden Prozessortyp. Während ein Quellprogramm in maschinennaher Sprache sich auf Eigenschaften des Prozessors bezieht (beispielsweise Befehlssatz und Register), fehlen diese Elemente in höheren Programmiersprachen völlig. Stattdessen werden dort Variable und Konstante in unterschiedlichen Datentypen definiert (vergleiche Kapitel 10) und für die Ablaufsteuerung und Berechnungen werden prozessorunabhängige Befehle verwendet.

Um ein Quellprogramm, das in einer *höheren Programmiersprache* abgefasst wurde, auf einem Rechner auszuführen, können zwei verschiedene Vorgehensweisen unterschieden werden:

- Das Quellprogramm kann mittels eines Übersetzungsprogramms – des *Compilers* – in den *Maschinencode* des jeweiligen Prozessors übersetzt werden und dann von diesem ausgeführt werden, oder
- das Quellprogramm kann in einen *Zwischencode* übersetzt werden, der von einem speziellen Programm – dem *Interpreter* – in effizienter Form abgearbeitet wird.

Ein **Compiler** (auch: Kompilierer, engl.: compiler) ist ein Übersetzungsprogramm, das ein in einer höheren Programmiersprache abgefasstes Quellprogramm in eine Maschinsprache übersetzt (kompiliert). Die Übersetzung erfolgt häufig über den Zwischenschritt der Übersetzung in eine maschinennahe Sprache, wobei dann ein Assembler zur Erzeugung des Maschinencodes herangezogen wird.



Bei der Übersetzung einer höheren Sprache werden in der Regel aus einer Quellanweisung mehrere Befehle in der Maschinsprache. Die meisten Compiler bieten im Zuge des Übersetzungsvorgangs eine *Optimierung* an, wodurch die erzeugten Programme einen geringeren Umfang und/oder eine verkürzte Ausführungsdauer für den gewählten Prozessortyp aufweisen.

In komplexen Programmsystemen treten immer wiederkehrende Aufgabenstellungen auf, die man aus Gründen der Fehler- und Aufwandsreduktion am besten an einer Stelle möglichst allgemein löst, auch weil man später diese Lösung möglichst oft wiederverwenden möchte. Quellprogramme können sich über Namen auch auf Funktionen beziehen, die nicht in dem Quellprogramm definiert sind. Auf diese Weise kann ein Programm auf andere Softwarekomponenten (beispielsweise Programmbibliotheken für Ein-/Ausgabe oder Arithmetik) zurückgreifen und diese wiederverwenden.

Nach der Kompilation eines Quellprogramms werden diese Funktionen zu dem resultierenden (bis dahin unvollständigen) Programm gebunden, wodurch dann der ausführbare Binärcode entsteht. Da während der Kompilation eines Programmteils noch nicht feststeht, welche anderen Programmteile letztendlich in den Arbeitsspeicher geladen werden, müssen auch die entsprechenden Speicheradressen festgelegt werden. Hierfür ist ein weiteres Dienstprogramm namens *Binder* notwendig.



Ein **Binder** (engl.: linker) ist ein Dienstprogramm, das mehrere kompilierte Teilprogramme zu einem gemeinsamen Binärprogramm zusammenfasst und dabei Verweise (wie beispielsweise Funktionsnamen) auf externe Softwarekomponenten durch Sprungadressen ersetzt. Gleichzeitig werden auch Speicheradressen von Variablen ermittelt und im Programm eingesetzt.

Um ein Programm zu starten ist letztendlich ein Lader notwendig.



Ein **Lader** (engl.: loader) ist ein Dienstprogramm, das ein Binärprogramm von einem externen Speichermedium liest und in den Arbeitsspeicher kopiert, Kommandozeilenargumente übergibt und Register initialisiert, und schließlich das Programm startet (an die Startadresse des Programms verzweigt).

Je nach Dauerhaftigkeit des Bindens kann man zwischen dem *statischen Binden* und dem *dynamischen Binden* unterscheiden. Wird beim Binden eine dauerhaft abzuspeichernde Komponente erzeugt, die Kopien der zugrunde liegenden Programmbibliotheken enthält, so spricht man von *statischem Binden* (engl.: static linking). Moderne Betriebssysteme verfügen zusätzlich auch über die Fähigkeit des *dynamischen Bindens* (engl.: dynamic linking). Hierbei werden die Verknüpfungen zu den benötigten Bibliotheken während des Ladevorgangs hergestellt. Die entsprechenden Programmbibliotheken werden in den Arbeitsspeicher geladen und können dort prinzipiell von beliebig vielen Programmen benutzt werden. Der Lader lädt bei Bedarf auch noch weitere benötigte Softwarekomponenten nach. Ein *dynamischer Lader* (engl.: dynamic loader) erfüllt somit auch Aufgaben eines Binders.

Alternativ zu der Übersetzung des Quellprogramms in Maschinencode kann ein Quellprogramm auch von einem Programm interpretiert werden, das letztendlich einen abstrakten Prozessor emuliert, der die Befehle der höheren Programmiersprache direkt ausführen kann.



Ein **Interpreter** (engl.: interpreter) ist ein Programm, das ein in einer höheren Programmiersprache abgefasstes Quellprogramm bei der Ausführung laufend interpretiert, das heißt, die Anweisungen in dem Programm laufend überprüft, analysiert und entsprechende Operationen vornimmt. Meist wird dabei aus Effizienzgründen beim Laden das Quellprogramm in einen *Zwischencode* (engl.: intermediate code) übersetzt, der interpretiert wird, wodurch wiederholte Überprüfungen von Anweisungen reduziert werden können.

Interpretierte Programme sind meist weniger effizient als kompilierte Programme, das heißt, sie benötigen meist mehr Speicher und längere Ausführungsdauer. Zum anderen verkürzen sich für interpretierte Programme oft die Entwicklungs- und Wartungsarbeiten, da nach Änderungen die veränderten Pro-

gramme sofort einsatzfähig sind. Im Gegensatz zu kompilierten Programmen benötigen interpretierte Programme zur Ausführungszeit den Quellcode. Manche Sprachumgebungen erlauben auch den Zwischencode abzuspeichern, wodurch der Quellcode bei der Ausführung nicht mehr benötigt wird. Die meisten interpretierten Programmiersprachen erlauben auch, zur Laufzeit des Programms Anweisungen auszuführen, die zum Zeitpunkt des Startens des Programms noch nicht festgestanden sind. Dadurch ermöglichen diese Systeme eine höhere Flexibilität, oft können hierbei auch im laufenden Betrieb eines Programms Fehlerbehebungen und Funktionserweiterungen durchgeführt werden.

11.4.3 Arten von höheren Programmiersprachen

Die erste höhere Programmiersprache entstand sehr früh in der Geschichte der Rechner: Bereits 1942 entwickelte Konrad Zuse „Plankalkül“, ein Schema zur Formulierung von Rechenvorschriften zur Lösung konkreter Probleme – abgestimmt auf das damalige Verständnis über die Funktionsweise von Rechnern.

Die heute gängigen Programmiersprachen können nach ihrer Mächtigkeit, das heißt durch die Menge und Ausdrucksstärke der zur Verfügung gestellten Befehle, unterschieden werden. Ein Ziel der Programmierung besteht darin, für eine Problemstellung mit möglichst geringem Aufwand ein möglichst hochwertiges Programm zu erzeugen. Ist dies mit einer geringen Menge an neu zu erstellendem Programmcode möglich, so ist im Allgemeinen auch mit einer geringen Menge an Fehlern zu rechnen. Um dies zu erreichen, geht man in jüngerer Zeit verstärkt dazu über, in einer Programmiersprache möglichst mächtige Befehle und Sprachkonstrukte zur Verfügung zu stellen. Diese Sprachkonstrukte ersparen dem Entwickler eine eigene Implementierung der zugehörigen Funktionen und tragen somit direkt zu einer Reduktion der potenziellen Fehlerquellen bei.

Die *Mächtigkeit einer Programmiersprache* hat keinen Einfluss auf die Zahl der Probleme, die mit ihr gelöst werden, sondern auf den Programmieraufwand. Auch die einfachste, maschinennahe Programmiersprache kann die gleichen Berechnungen wie die höchsten Programmiersprachen durchführen – allerdings ist der Aufwand der Programmerstellung wesentlich höher.

Eine wichtige Frage bei der Entwicklung von Programmiersprachen besteht darin, was man als *zentrales Ausdrucksmittel* in der entsprechenden Sprache verwenden möchte. Folgende Ansätze werden unterschieden:

- *Imperative Programmiersprachen*: Im Vordergrund steht die Definition von komplexen Anweisungen an den Rechner, wie beispielsweise Kopieren von

Speicherinhalten, Lesen von Dateien oder Versenden von Datenblöcken über ein Netzwerk.

- *Objektorientierte Programmiersprachen:* Im Vordergrund steht eine Sichtweise auf komplexe Programmsysteme auf der Basis von kommunizierenden Objekten, die teilweise den Objekten der abgebildeten Realwelt entsprechen. Objekte mit gleichen Eigenschaften werden zu Klassen zusammengefasst, die Methoden (aufrufbare Funktionen) bereitstellen.
- *Funktionale Programmiersprachen:* Im Vordergrund steht die Definition von komplexen Funktionen, wie beispielsweise: Multipliziere bei der Ermittlung des Mietpreises das Ergebnis der Flächenberechnung mit dem Quadratmeterpreis.
- *Logische Programmiersprachen:* Im Vordergrund steht die Definition von logischen Zusammenhängen des modellierten Realweltausschnitts, wie beispielsweise, dass jede männliche Person, die ein Kind hat, als Vater bezeichnet wird.

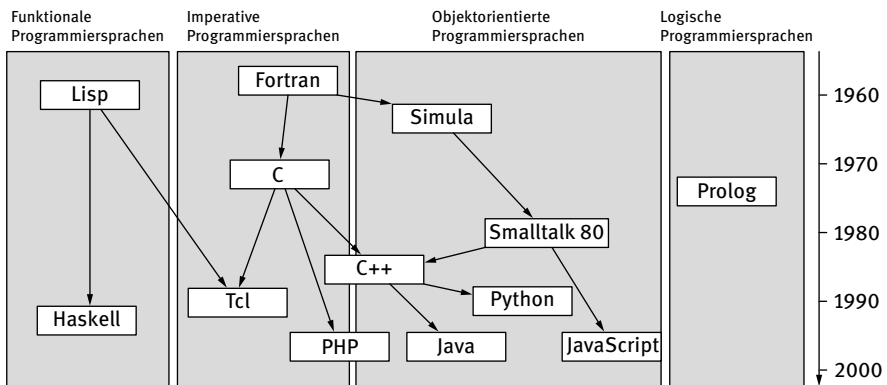


Abb. 11.16: Höhere Programmiersprachen

Je nach Anwendung stehen unterschiedliche Problemstellungen im Vordergrund, die meist durch ein bestimmtes der oben erwähnten Sprachmittel am klarsten ausgedrückt werden können. In einzelnen Programmiersprachen kommen oft mehrere Grundbestandteile der genannten Archetypen zur Anwendung, sodass die Zuordnung einer konkreten Sprache zu diesen Kategorien oft nicht eindeutig ist. In Summe gibt es heute Hunderte von Programmiersprachen. Abb. 11.16 zeigt die heute wichtigsten Programmiersprachen mit ihrer Entwicklungsgeschichte. Die Entwicklung dieser Sprachen ist nicht stehen geblieben, es werden oft im Jahresrhythmus neue Versionen dieser Sprachen veröffentlicht. Abb. 11.16 führt jeweils nur die Erstveröffentlichung der Sprachen an.

Es gibt keine Programmiersprache, die alle Anwendungsprobleme auf optimale Art und Weise ausdrücken kann. So eine Sprache kann es aus heutiger Sicht auch gar nicht geben. Bisher sind alle Versuche, eine allumfassende „optimale“ Programmiersprache zu schaffen, gescheitert. Zudem haben verschiedene Entwickler eine jeweils unterschiedliche Vorbildung und sind daher mit unterschiedlichen Programmiersprachen am produktivsten. In vielen Fällen steht bei der Wartung von bestehenden Programmsystemen die Frage nach der Programmiersprache nicht zur Debatte, da eine Neuimplementierung in einer anderen Sprache meist einen prohibitiven Mehraufwand bedeuten würde.

Die *Entwicklungsgeschichte der Programmiersprachen* ist noch lange nicht am Ende angelangt. Die meisten Programmiersprachen wurden entwickelt, um zuvor festgestellte Defizite von älteren Programmiersprachen zu beheben, beziehungsweise um neue Ideen aus der Forschung in Programmiersprachen einfließen zu lassen.

11.5 Bestandteile von Software

11.5.1 Softwarekomponenten

Software ist meist kein untrennbares Ganzes, sondern besteht aus einer Vielzahl von interagierenden Softwarekomponenten. Ein komplexes Softwaresystem wird durch mehrere Schichten von Komponenten gebildet (siehe Abb. 11.17), wobei Komponenten unter Umständen von anderen Komponenten abhängen und/oder selber weitere Teilkomponenten enthalten. Die unterste Schicht bildet dabei das Betriebssystem.

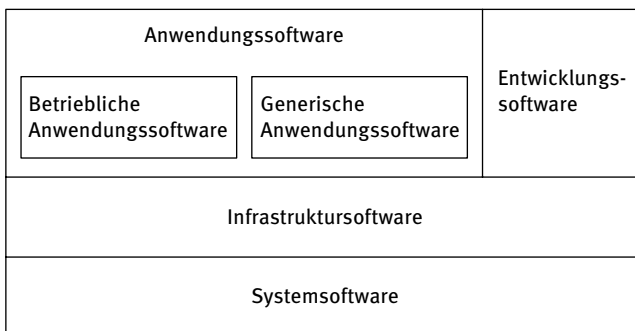


Abb. 11.17: Komponenten eines Softwaresystems

Auf der Ebene der *Softwarekomponenten* können ebenso drei verschiedene *Kategorien* unterschieden werden:

- Die *Systemsoftware* stellt die grundlegenden Funktionen für den Betrieb eines Rechners zur Verfügung. Wichtige Bestandteile sind das Betriebssystem (engl.: operating system) und Komponenten für die Ansteuerung von Geräten, falls diese nicht direkt vom Betriebssystem unterstützt werden. Das *Betriebssystem* ist auf die jeweilige Rechnerplattform abgestimmt und zum Betrieb eines Rechners unbedingt nötig. Das Betriebssystem bildet eine Abstraktionsschicht von der Rechnerhardware, sodass die gleichen Programme auch auf unterschiedlicher Hardware lauffähig sind. Zudem steuert und überwacht das Betriebssystem die Ausführung von Anwendungsprogrammen.
- Die *Infrastruktursoftware* (Synonym: *Middleware*; engl.: middleware) stellt die technische Infrastruktur für andere Komponenten zur Verfügung. Diese technische Infrastruktur bietet ohne Anwendungskomponenten für Anwender nur einen geringen Mehrwert, vereinfacht allerdings die Entwicklung und den Betrieb von Anwendungssoftware. Zu den Infrastrukturkomponenten zählen zum Beispiel Datenbankverwaltungssysteme, Web- und E-Mail-Server, grafische Benutzerschnittstellen oder Komponenten zur Netzwerkkommunikation (beispielsweise für die Unterstützung von SOA). Bildlich gesprochen befindet sich die Middleware somit „in der Mitte“ zwischen den Softwarekomponenten, die sie verbindet. Die Infrastruktursoftware baut auf dem Betriebssystem auf.
- Die *Anwendungssoftware* (engl.: application software; Synonym: Anwendungsprogramm, Applikation) bietet Lösungen für fachliche Probleme. Dazu gehören technisch-wissenschaftliche Programme (zum Beispiel für statische Berechnungen), auf allgemeine betriebswirtschaftliche Funktionen bezogene Programme (zum Beispiel für die Finanzbuchhaltung) und Branchenprogramme (zum Beispiel für Lebensmittelfilialbetriebe). Während betriebliche Anwendungssoftware direkt die Funktionen und Abläufe eines Betriebs unterstützt (beispielsweise ERP-Software), bietet generische Anwendungssoftware Funktionen, die innerhalb und außerhalb eines Betriebs genutzt werden. Zu der generischen Anwendungssoftware gehören beispielsweise Textverarbeitungs- oder Tabellenkalkulationssoftware, E-Mail-Klientenprogramme oder Webbrowser.
- Die *Entwicklungssoftware* (engl.: development software) unterstützt die Programmierung prinzipiell beliebiger Programme. Ein wichtiger Teil einer Entwicklungsumgebung ist die zugehörige Programmiersprache, die aus zumindest einem Compiler/Interpreter besteht, aber auch häufig angepasste Editoren, eine Ausführungsumgebung und Fehlerbehebungssoftware

(sogenannte *Debugger*) enthält. Mit Hilfe der Entwicklungssoftware werden sowohl System-, Anwendungs-, als auch die Entwicklungssoftware selbst erstellt.

Später in diesem Abschnitt behandeln wir die Systemsoftware, die von der Hardware eines Rechners abstrahiert und letztendlich für Benutzer und Programme eine komfortable Ausführungsumgebung bereitstellt. Die *Anwendungssoftware* (die Softwareanteile, die für betriebliche Funktionen und Abläufe verantwortlich sind, ist Bestandteil anderer Kapitel (beispielsweise Kapitel 5, 6 und 7).

11.5.2 Abhängigkeiten von Softwarekomponenten

Softwarekomponenten interagieren mit anderen Softwarekomponenten und bestimmen letztendlich die *Architektur* des Softwaresystems.

Das Maß, in dem die verschiedenen Elemente innerhalb einer Softwarekomponente miteinander interagieren beziehungsweise miteinander verbunden sind, wird hierbei als **Kohäsion** (engl.: cohesion) der Komponente bezeichnet. Das Ausmaß, in dem eine Komponente mit anderen Komponenten interagiert, wird durch die **Kopplung** (engl.: coupling) gemessen.



Die *Struktur eines Softwaresystems*, das aus mehreren Komponenten zusammengesetzt ist, ergibt sich aus den Beziehungen (der Kopplung), die zwischen den Komponenten bestehen. Diese Struktur ist umso übersichtlicher und einfacher verstehbar, je weniger Beziehungen zwischen den verschiedenen Komponenten existieren. Zudem würde eine große Kopplung der Komponenten auf eine geringe Kohäsion und somit auf eine schlechte oder falsche Komponentenbildung hindeuten.

Beim Architekturentwurf eines Systems wird angestrebt, die Kohäsion von Softwarekomponenten zu maximieren, während gleichzeitig die Kopplung minimiert werden soll. Auf diese Weise soll die Architektur des Systems möglichst leicht verstehbar, nachvollziehbar und änderbar gehalten werden. Während aus der Sicht der Veränderbarkeit eine *lose Kopplung* (engl.: loose coupling) angestrebt wird, kann aus Sicht der Ressourcennutzung eine *enge Kopplung* (engl.: tight coupling) von Vorteil sein.

Wenn beispielsweise zwei Programmkomponenten sich gegenseitig Textbeschreibungen von durchzuführenden Operationen zuschicken, so ist dies eine lose Kopplung. Die Programmkomponenten kommunizieren über eine sehr einfache Schnittstelle, sie müssen



sehr wenig über die Implementierung der anderen Komponente wissen. Allerdings ist das Analysieren des Textes aufwendig. Wenn die Komponenten sich gegenseitig aufrufen, so ist dies mit wesentlich weniger Rechenaufwand verbunden, die Komponenten müssen allerdings beispielsweise die Programmiersprache, die Datentypen und die Namen der Funktionen kennen. Wenn diese Programmkomponenten beispielsweise gemeinsame globale Datenstrukturen nutzen, wird die Kopplung noch höher.

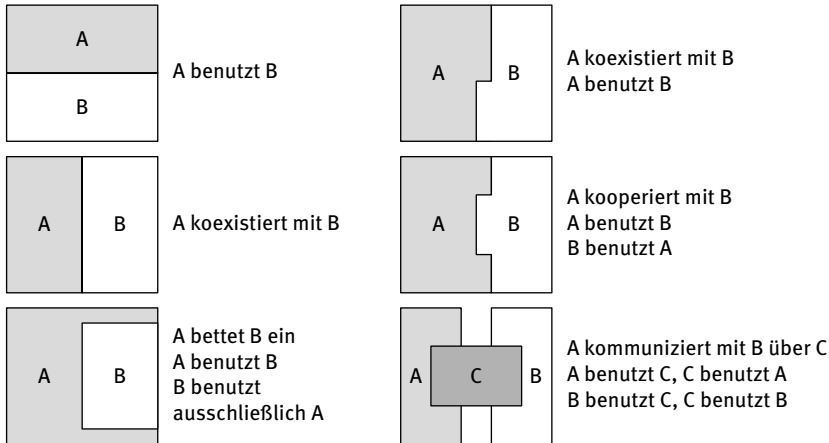


Abb. 11.18: Benutzungsdiagramme für Komponenten

Mit Hilfe von sogenannten *Benutzungsdiagrammen* können statische „benutzt“- (engl.: uses) und „besteht aus“- (engl.: consists of) Beziehungen zwischen Komponenten modelliert werden. Benutzungsdiagramme bieten eine einfache aber bereits recht ausdrucksstarke Möglichkeit zur Darstellung dieser Beziehungen. Aus dem Diagramm kann beispielsweise abgelesen werden, welche Komponenten voneinander unabhängig sind, und welche Komponenten von Änderungen in einzelnen Komponenten betroffen sind. Die Notation sowie die wesentlichen Beziehungen, die in Benutzungsdiagrammen dargestellt werden können, sind in Abb. 11.18 visualisiert.

11.5.3 Wiederverwendung von Softwarekomponenten

Ein wesentliches Argument, das für die komponentenorientierte Softwareentwicklung spricht, ist die explizite Ausrichtung auf Wiederverwendbarkeit. Man unterscheidet in diesem Zusammenhang die *Entwicklung für Wiederverwendung* und die *Entwicklung mittels Wiederverwendung*. Im ersten Fall werden Komponenten explizit zu dem Zweck der späteren Wiederverwendung entwickelt. Das heißt, dass bereits während der Planung, des Entwurfs und

der Entwicklung einer Komponente darauf geachtet wird, dass diese möglichst flexibel bleibt, um in vielen verschiedenen (auch unvorhergesehenen) Umgebungen eingesetzt werden zu können. Im zweiten Fall werden die zuvor entwickelten Komponenten wiederverwendet, um aus ihnen – gemeinsam mit neuen Programmkomponenten – eine neue Anwendung zu erstellen.

Es ist durchaus üblich, bereits vorhandene wiederverwendbare Komponenten zu einer neuen, ebenfalls wiederverwendbaren Komponente zusammenzusetzen. Salopp gesprochen folgt die *komponentenorientierte Softwareentwicklung* somit dem Baukastenprinzip, wobei verschiedene Bausteine prinzipiell beliebig zu neuen (größeren und mächtigeren) Bausteinen kombiniert werden können.

Unter einem **komponentenorientierten System** (engl.: component based system) versteht man ein Softwaresystem, dessen Funktionalität auf klar abgrenzbare Komponenten verteilt wird, die jeweils eine bestimmte Teilfunktionalität zur Verfügung stellen. Unter einem **monolithischen System** (engl.: monolithic system) versteht man im Gegensatz dazu ein System, das als untrennbares Ganzes betrachtet wird.



Die komponentenorientierte Softwareentwicklung hat ihren Ursprung unter anderem in der Erkenntnis, dass monolithische Systeme nur schwer wartbar, erweiterbar, testbar und wiederverwendbar sind. In der Regel müssen monolithische Systeme zu einem späteren Zeitpunkt entweder als Ganzes ausgetauscht werden, oder sie werden als Altsysteme in eine neue Umgebung eingebunden. Oft ist das letztgenannte Vorgehen notwendig, da für Altsysteme häufig keine oder eine nur sehr unvollständige Dokumentation existiert, und niemand mehr genau weiß, wie diese Systeme im Detail funktionieren.

11.6 Betriebssystem

Die *Systemsoftware* stellt die grundlegenden Dienste für andere Programme zur Verfügung und enthält unter anderem das *Betriebssystem* eines Rechners.

Das **Betriebssystem** (engl.: operating system) umfasst die Gesamtheit der Systemprogramme eines Rechners, die (zusammen mit den Eigenschaften der Rechnerhardware) die grundlegende Infrastruktur für die Ausführung von Anwendungssoftware bilden. Das Betriebssystem bildet eine Abstraktion von Hardwareeigenschaften und ist für die Steuerung und Überwachung von Anwendungsprogrammen zuständig. Es besteht aus einem *Betriebssystemkern* (engl.: operating system kernel) und aus *Dienstprogrammen* (engl.: utility program).



Der *Betriebssystemkern* ist der Teil des Betriebssystems, der sich während des Rechnerbetriebs permanent im Arbeitsspeicher befindet, während die Dienstprogramme in der gleichen Form wie Anwendungsprogramme bei Bedarf in den Arbeitsspeicher geladen und ausgeführt werden.

Der Zweck eines Betriebssystems ist

- die *Effizienz von Rechnern zu steigern*, das heißt, den Durchsatz (die Verarbeitungsgeschwindigkeit) von Programmen zu erhöhen beziehungsweise die Antwortzeiten zu verringern,
- eine möglichst *standardisierte* und über (viele) Versionen des Betriebssystems unveränderte *Schnittstelle* zwischen Hardware und Anwendungssoftware anzubieten, sowie
- die *Rechnerbenutzung* für den Menschen zu *vereinfachen*, komfortabler und sicherer zu gestalten.

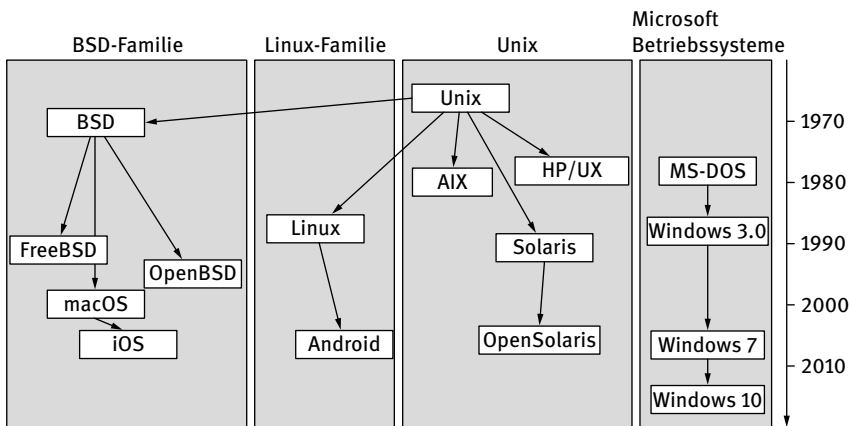


Abb. 11.19: Betriebssysteme

Die wichtigsten Betriebssysteme sind mit ihrer Abstammungsgeschichte in Abb. 11.19 dargestellt (ohne Großrechnerbetriebssysteme). Die am häufigsten für Server eingesetzten Betriebssysteme sind Linux und Windows, für Schreibtisch- und Notebook-PCs sind dies Windows und macOS, für Tablet-Computer und Smartphones sind dies Android und iOS. Bei eingebetteten Systemen und IoT ist wiederum Linux am weitesten verbreitet.

Die Aufgaben des Betriebssystemkerns lassen sich grob in folgende Kategorien einteilen: Auftragsverwaltung, Arbeitsspeicherverwaltung, Dateiverwaltung und Benutzerverwaltung.

11.6.1 Auftragsverwaltung

Eine zentrale Aufgabe des Betriebssystems ist die Verwaltung von laufenden Programmen, wobei diese zeitverzahnt oder parallel abgearbeitet werden.

Unter einem **Task** (deutsch: Aufgabe, engl.: task) versteht man ein ablaufendes Programm im Arbeitsspeicher eines Rechners.



Wenn ein Rechner über mehrere Prozessorkerne verfügt, können lauffähige Tasks gleichzeitig auf diesen Prozessorkernen ausgeführt werden. Je nach Realisierung eines Tasks spricht man von einem *Prozess* oder einem *Thread*.

Ein **Prozess** (engl.: process) ist ein Task, dessen Ablauflogik und Daten im Arbeitsspeicher als eine Einheit aufgefasst und gemeinsam geschützt werden. Möchte ein Prozess auf die Daten eines anderen Prozesses zugreifen, ist *Intraprozesskommunikation* notwendig.



Ein *Thread* ist ein leichtgewichtiger Prozess, den seinen Arbeitsspeicherbereich mit anderen teilt.

Ein **Thread** (engl.: thread) ist ein Task, bei dem die Ablauflogik und die Datenbereiche im Arbeitsspeicher als getrennte Einheit betrachtet werden; mehrere parallel ablaufende Instanzen desselben Programms besitzen einen gemeinsamen Datenbereich im Arbeitsspeicher.



Um ungewolltes gegenseitiges Überschreiben der Daten in gemeinsam genutzten Arbeitsspeicherbereichen zu verhindern, muss in dem Programm ein Sperrmechanismus mit *exklusiven Zugriffsrechten* (engl.: mutual exclusive access right) realisiert werden. Wollen zwei Threads auf einen entsprechend geschützten Bereich zugreifen, wird ein Thread blockiert, bis der andere Thread den Speicherbereich wieder frei gibt.

Grundsätzlich gilt, dass der *Ablauf eines Tasks unterbrochen* wird, wenn eine erforderliche Ressource (temporär) nicht verfügbar ist. Entsprechende Ressourcen können ausgelagerte Teile des Arbeitsspeichers, Daten aus einem Kommunikationskanal oder ein Datenblock von einer Festplatte sein. In einem solchen Fall wird die erforderliche Ressource durch das Betriebssystem angefordert und der Auftrag wird solange blockiert, bis die Ressource wieder verfügbar ist.

Prinzipiell ist es möglich, dass zu einem Zeitpunkt mehrere Anwendungsprogramme auf einem Rechner ablaufen, oder dass auch ein einzelnes Programm mehrfach auf einem Rechner ausgeführt wird (beispielsweise von mehreren Benutzern). Einfache Betriebssysteme erlauben allerdings nur einen *Einprogrammbetrieb*.



Beim **Einprogrammbetrieb** (engl.: single-tasking mode) werden einzelne Tasks von der Zentraleinheit nacheinander bearbeitet. Es befindet sich jeweils nur ein Task im Arbeitsspeicher, der für seinen gesamten Ablauf alle vorhandenen Betriebsmittel (Prozessoren, Speicher, Kanäle, periphere Geräte) zugeteilt erhält.

Man verwendet heute den Einprogrammbetrieb nur bei sehr einfachen Betriebssystemen, wie beispielsweise eingebetteten Computern oder einfachen Mobiltelefonen. Bereits Smartphones unterstützen Mehrprogrammbetrieb.



Beim **Mehrprogrammbetrieb** (engl.: multi-tasking mode) können mehrere Tasks von der Zentraleinheit zeitgleich bearbeitet werden. Es befinden sich gleichzeitig mehrere Tasks ganz oder teilweise im Arbeitsspeicher, denen das Betriebssystem bei der Ausführung die benötigten Betriebsmittel abwechselnd zuteilt.

Verfügt die Zentraleinheit über mehrere Prozessorkerne, so kann die Ausführung der Tasks gleichzeitig erfolgen. Auch wenn nur ein einziger Prozessorkern zur Verfügung steht, kann das Betriebssystem den lauffähigen Tasks verzahnt Prozessorressourcen zuweisen. Wenn das Betriebssystem entsprechende Ein-/Ausgabeoperationen in den gerade laufenden Tasks feststellt, kann es den Prozessor inzwischen anderen lauffähigen Tasks zuweisen. Ebenso kann das Betriebssystem nach dem Verstreichen von Zeitintervallen einem laufenden Task den Prozessor entziehen und diesen einem anderen Task zur Verfügung stellen (*Zeitscheibenverfahren*). Über das Betriebssystem können auch meistens unterschiedliche Prioritäten für die Tasks vergeben werden.

11.6.2 Arbeitsspeicherverwaltung

Die *Arbeitsspeicherverwaltung* (engl.: memory management) ist für die Verwaltung des Arbeitsspeichers verantwortlich und stellt den Anwendungsprozessen einen geschützten Speicherbereich zur Verfügung. Der zur Verfügung gestellte Arbeitsspeicher kann entweder physisch vorhanden sein oder kann virtuell bereitgestellt werden. Das Eigenschaftswort *virtuell* bedeutet, dass eine Einheit nicht physisch als solche existiert, sondern sich die virtuelle Einheit in ihren Funktionen so verhält, als wäre eine physische Einheit vorhanden (siehe Abb. 11.20).

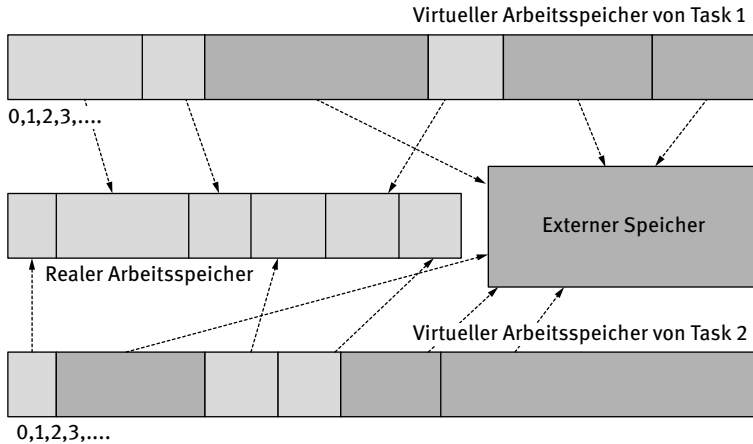


Abb. 11.20: Virtueller Speicher

Ein **virtueller Speicher** (engl.: virtual memory) ist ein Speicher, der in seiner Größe vom physischen (tatsächlich verfügbaren) Speicher unabhängig ist. Ein virtueller Arbeitsspeicher wird gemeinsam von der Hardware und dem Betriebssystem für Tasks bereitgestellt, wobei Teile des Speichers aus dem realen Arbeitsspeicher oder von externen Speichern stammen.



Aus der Sicht eines Tasks wird ein linearer, lückenloser Arbeitsspeicher mit bei null beginnenden Speicheradressen bereitgestellt. Bei Bedarf werden zur Laufzeit des Tasks Speicherteile auf externe Speicher ausgelagert oder von dort geladen. Dadurch werden der Arbeitsspeicher und externe Speicher funktional zu einem einzigen homogenen Speicher verschmolzen. Wenn der Platz im Arbeitsspeicher (= *realer Speicher*; engl.: real storage) für Daten und Programme nicht ausreicht, werden Teile auf die Peripheriespeicher (= *Hintergrundspeicher*) ausgelagert. Diese auswechselbaren Teile (zum Beispiel 2 oder 4 KB) werden als *Speicherseiten* (engl.: memory page) bezeichnet; der externe Speicher heißt *Seitenspeicher* (engl.: paging device). Die Seiten des *virtuellen Speichers* (engl.: virtual storage) werden, überwacht durch das Betriebssystem, dem realen Speicher während ihrer Abarbeitung zugeordnet. Falls der nächste auszuführende Befehl oder die benötigten Daten nicht in den momentan im realen Speicher stehenden Seiten enthalten sind, wird die benötigte Seite geladen.

Alle auszuführenden Programme müssen in den Arbeitsspeicher geladen werden. Der Betriebssystemkern wird beim Starten des Rechners geladen, die Anwendungs- und Entwicklungsprogramme bei Bedarf. Teile des Arbeitsspeichers werden auch zur Pufferung der Ein-/Ausgabe eingesetzt, sodass die Zahl der Zugriffe auf die im Vergleich zum Arbeitsspeicher relativ langsamen Geräte

(wie beispielsweise Festplatten) reduziert werden kann und die Laufzeiteffizienz des Gesamtsystems erhöht wird.

Im Mehrprogrammbetrieb stellt die Arbeitsspeicherverwaltung jedem Task einen getrennten virtuellen Arbeitsspeicher zur Verfügung. Die ablaufenden Tasks benötigen keinerlei Information, welche Teile des Arbeitsspeichers belegt sind. Darüber hinaus bietet die Arbeitsspeicherverwaltung *Speicherschutz*. Dieser Speicherschutz verhindert, dass gleichzeitig laufende Programme sich irrtümlich gegenseitig überschreiben.

11.6.3 Dateiverwaltung

Das *Dateisystem* (Synonym: Dateiverwaltungssystem; engl.: file system) dient zur Organisation der Daten auf Speichermedien in der Form von Dateien. Das Dateisystem führt ein Belegungsverzeichnis zur Verwaltung der belegten und der unbenutzten Datenblöcke (vergleichbar mit einer Inventarliste). Für jede Datei werden als Metadaten neben dem Namen noch die Größe, das Modifikationsdatum, Berechtigungsinformation und ähnliche Information gespeichert. Ferner stellt das Dateisystem bestimmte Zugriffsmethoden für Dateien zur Verfügung. Die Dateien werden meist mithilfe von *Verzeichnissen* (engl.: directory, folder) organisiert, welche die Funktion eines Inhaltsverzeichnisses übernehmen.

Auf einem externen Speicher können *ein oder mehrere Dateisysteme* abgelegt werden, die für den Benutzer als getrennte Verzeichnisbäume dargestellt werden. In jedem Dateisystem müssen die Metadaten und die gespeicherten Daten ähnlich einem Datenbanksystem konsistent gehalten werden. Dies ist insbesondere bei Programmabstürzen oder Systemfehlern wichtig, da bei Fehlern ein Verlust von Dateiinhalten, Dateien oder auch des gesamten Dateisystems droht. Viele Betriebssysteme bieten Dienstprogramme für die *Dateisystemüberprüfung* (engl.: file system check) an, die aber bei großen Dateisystemen (im Terabytebereich) mitunter mehrere Stunden benötigen kann. Während der Dauer der Dateisystemüberprüfung kann das Dateisystem nicht benutzt werden, wodurch die Verfügbarkeit eines Rechners erheblich reduziert werden kann. Das ist auch einer der Gründe, warum häufig mehrere kleine anstelle eines großen Dateisystems auf einem externen Speicher angelegt werden.

Moderne Dateisysteme bieten zunehmend *Transaktionssicherheit* an, die vor allem für den Mehrprogrammbetrieb wichtig ist (vergleiche ACID-Eigenschaften in Kapitel 10). Ein möglicher Ansatz sind *journal-basierte Dateisysteme* (engl.: journaling file system), bei denen alle Änderungsoperationen im Datei-

system in einem sogenannten *Journal* aufgezeichnet werden. Dadurch wird es möglich, einen früheren konsistenten Zustand der Daten und Metadaten zu rekonstruieren, auch wenn ein Schreibvorgang an beliebiger Stelle abgebrochen wurde. Man kann bei den Dateisystemen mit einer gewissen Verzögerung eine ähnliche Entwicklung wie bei den Datenbankverwaltungssystemen beobachten, wobei große verteilte Dateiverwaltungssysteme noch nicht verbreitet sind.

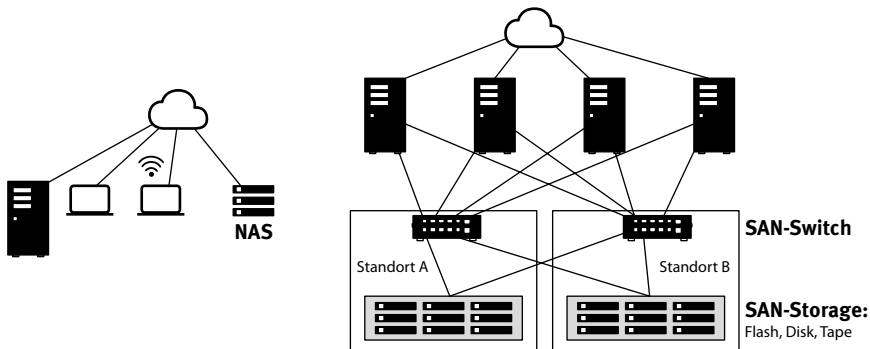


Abb. 11.21: SAN- vs. NAS-Speichersysteme

Als unternehmensweite Speichersysteme werden SAN- und NAS-Systeme angeboten. Während ein *SAN-System* (Abkürzung von engl.: storage area network) mehreren nutzenden Rechnern ausfallsichere Speicherblöcke ähnlich einem externen Speicher anbietet, stellen *NAS-Systeme* (Abkürzung von engl.: network attached storage) in einem Netzwerk einen Zugang auf der Ebene von Dateisystemen zur Verfügung. Auf einem SAN-System können unterschiedliche Dateisysteme genutzt werden.

Große SAN-Systeme sind die Grundlage von unternehmensweiten Speichersystemen, die oft die Daten von hunderten bis tausenden Rechnern halten. Deshalb werden SAN-Systeme für große Ausfallsicherheit, hohe Übertragungskapazitäten, große Datenmengen und modulare Erweiterung von Speicherkapazitäten (Festplatten und Halbleiterplatten) konzipiert. Abb. 11.21 zeigt auf der rechten Seite ein SAN-System, das ausfallsicher für getrennte Standorte konzipiert wurde. Jeder der Server ist mit jeweils zwei SAN-Switches (typischerweise über Fibre Channel) verbunden, sodass bei Ausfall eines Standorts der Speicher am anderen Standort genutzt werden kann. Diese SAN-Switches sind dann wiederum mit zwei Speichersystemen auf zwei Standorten verbunden, die mittels Spiegelung am gleichen Datenstand gehalten werden.

Da der gesamte Zugriff auf die gespeicherten Daten über das Netzwerk erfolgt, kann bei Ausfall eines Rechners mit geringem Aufwand ein anderer Rechner mit denselben Daten hochfahren.

11.6.4 Benutzerverwaltung

Die *Benutzerverwaltung* (engl.: user management) ist der Teil eines Betriebssystems, durch den die verschiedenen Benutzer dazu ermächtigt werden, das Gesamtsystem oder Teilsysteme des jeweiligen Rechners zu verwenden. Die Benutzerverwaltung ist prinzipiell für den Einbenutzer- und den Mehrbenutzerbetrieb möglich.



Beim **Einbenutzerbetrieb** (engl.: single-user mode) kann zu einem Zeitpunkt nur ein Benutzer den Rechner nutzen. Beim **Mehrbenutzerbetrieb** (engl.: multi-user mode) können zu einem Zeitpunkt mehrere Benutzer den Rechner nutzen. Dementsprechend ist für den Mehrbenutzerbetrieb der Mehrprogrammbetrieb eine Voraussetzung.

Durch die Benutzerverwaltung werden unterschiedliche Benutzer definiert, für die in der Regel eine Kurzbezeichnung (*Benutzerkennung*, engl.: login name) und ein *Kennwort* (engl.: password) definiert werden. Das Kennwort dient zur Authentifikation des Benutzers. Den einzelnen Benutzern werden unterschiedliche Rechte zugewiesen, um beispielsweise vertrauliche Daten vor unberechtigten Zugriffen zu schützen oder um die Stabilität des Systems gewährleisten zu können.

11.7 Virtualisierung

Beim Einsatz von Serverrechnern und Schreibtisch-PCs wird im betrieblichen Einsatzumfeld die Virtualisierung zunehmend wichtiger.



Unter **Virtualisierung** (engl.: virtualization) versteht man im Allgemeinen die Nachbildung von physischen Hardwarekomponenten durch Software. Dadurch kann man Software nutzen oder entwickeln, die Hardwarekomponenten benötigt, die (noch) nicht oder nicht im erforderlichen Ausmaß vorhanden sind.

Generell können durch Virtualisierung einzelne Hardwarekomponenten oder gesamte Rechnersysteme (vom Prozessor bis zum Betriebssystem) emuliert, das heißt, nachgebildet werden. So können auf einem Rechner bereits Anwendun-

gen entwickelt und getestet werden, obwohl die entsprechende Hardwareentwicklung noch nicht abgeschlossen oder das Gerät nicht verfügbar ist. Es können auch auf einem Rechner Anwendungen für andere Rechnerarchitekturen entwickelt werden (beispielsweise auf einem PC Apps für Smartphones oder für IoT-Anwendungen).

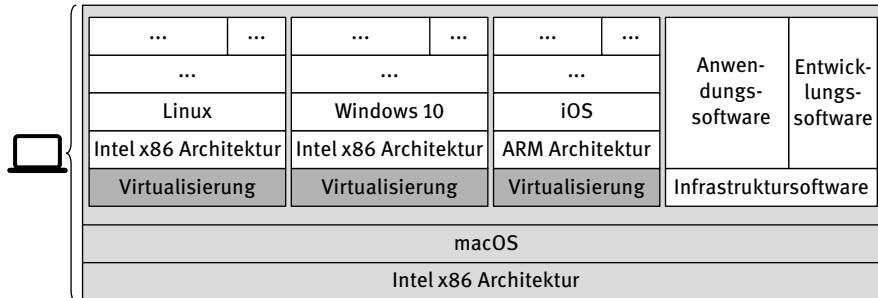


Abb. 11.22: Beispiel Rechnervirtualisierung

Durch Virtualisierung ist es somit auch möglich, dass auf einem physischen Rechner mehrere logische (virtuelle) Rechner installiert sind. Abb. 11.22 zeigt ein Beispiel, bei dem auf einem Notebook-PC mit einer Intel-x86-Architektur macOS als Betriebssystem installiert ist. Neben der üblichen Standardsoftware sind dort auch drei *virtuelle Maschinen* installiert, die teils andere Betriebssysteme und teils unterschiedliche Prozessorarchitekturen nutzen. Das Betriebssystem, das auf dem physischen Rechner installiert ist, ist das *Hostbetriebssystem* (engl.: host operating system), die virtualisierten Rechner sind *Gastsysteme* (engl.: guest system) mit entsprechenden *Gastbetriebssystemen* (engl.: guest operating system).

Wenn diese Rechner ausschließlich auf virtualisierte Massenspeicher, die über das Netzwerk verfügbar sind, zugreifen, können virtualisierte Rechner auch im laufenden Betrieb von Rechner zu Rechner verschoben werden, ohne dass Benutzer, die auf diesen Rechnern arbeiten, dies bemerken. Dies ist besonders in betrieblichen Anwendungsfällen von Vorteil, da dies genutzt werden kann, um Abschaltzeiten von Diensten zu reduzieren: Bevor beispielsweise eine Hardwareabschaltung notwendig wird, können die Server auf andere Hardware verschoben werden.

Die Virtualisierung ist auch auf Schreibtisch-PCs von Vorteil, da die installierte Software von Arbeitsplatzrechnern zentral verwaltet werden kann und die Definitionen der virtualisierten Maschinen zentral aktualisiert werden können, ohne dass Änderungen am lokalen PC vorgenommen werden müssen. Auch das Neuaufsetzen von Arbeitsplatzkonfigurationen bei Hardwareproblemen ist so einfacher.

Ein Nachteil der Virtualisierung ist der Rechenaufwand, der durch die Virtualisierungsschicht verursacht wird. Doch dieser hängt sehr stark vom Grad der Virtualisierung ab. Muss beispielsweise ein anderer Befehlssatz des Prozessors emuliert werden, kann der Overhead sehr groß sein. Kann auf Ebene des Gast- und Hostsystems der gleiche Befehlssatz genutzt werden, kann der Leistungsverlust auf wenige Prozent reduziert werden.

Die wichtigsten Punkte

1. Das Herz jedes Rechners ist die Zentraleinheit, die aus Zentralprozessor und aus Zentralspeicher besteht. Um ein Programm auf dem Zentralprozessor ausführen zu können, müssen sowohl das auszuführende Programm als auch die aktuell zu verarbeitenden Daten in den Zentralspeicher geladen werden. Dieses Modell basiert auf der von-Neumann-Architektur.
2. Programme werden durch Fließbandverarbeitung durchgeführt, wodurch gleichzeitig mehrere Befehle durch einen Prozessor verarbeitet werden können. Interne Funktionseinheiten übernehmen bei der Verarbeitung eines Befehls Teilaufgaben. Durch eine mehrfache Auslegung dieser Funktionseinheiten erhöht sich die Parallelverarbeitung, vor allem wenn Prozessoren mit mehreren Kernen ausgestattet sind. Während über viele Jahre Leistungssteigerungen durch Erhöhung der Taktrate erzielt wurden, werden nun diese durch Erhöhung der Parallelverarbeitung angestrebt.
3. Die meisten heutigen Rechnersysteme nutzen Mikroprozessoren, bei denen ein oder mehrere Zentralprozessoren auf einem Mikrochip untergebracht sind. Für eingebettete Systeme und das Internet der Dinge werden zunehmend Ein-Chip-Computer entwickelt, bei denen auch der Zentralspeicher und Ein-/Ausgabeeinheiten auf einem einzigen Chip integriert werden.
4. Komplexe Programmsysteme werden in höheren Programmiersprachen entwickelt, die von dem Befehlssatz des Prozessors abstrahieren. Programme, die in höheren Programmiersprachen geschrieben sind, werden entweder durch einen Compiler in Maschinsprache übersetzt oder durch einen Interpreter ausgeführt.
5. Komplexe Systeme bestehen aus einer Vielzahl von Programmkomponenten, die untereinander interagieren. Diese Programmkomponenten können in unterschiedlichen Programmiersprachen verfasst sein. Bei der Entwicklung von komplexen Programmsystemen ist es das Ziel, einerseits möglichst wiederverwendbare Komponenten zu verwenden und andererseits Modularität durch lose gekoppelte, ersetzbare Komponenten zu erzielen.
6. Das Betriebssystem hat die Aufgabe von der realen Hardware zu abstrahieren und für Anwendungsprogramme eine möglichst standardisierte Ausführungsumgebung bereitzustellen. Je nach Funktionsumfang des Betriebssystems kann man zwischen Ein- und Mehrprogrammbetrieb, beziehungsweise zwischen Ein- und Mehrbenutzerbetrieb unterscheiden.



Übungs- und Lehrmaterialien zu diesem Kapitel finden Sie im Web über den abgebildeten QR-Code. Richten Sie Ihre Smartphone- oder Tablet-Kamera auf das nebenstehende Bild, um zu den Inhalten zu gelangen.

Literatur

- H. Herold, B. Lurz, J. Wohlrab, M. Hopf: Grundlagen der Informatik, 3. Aufl., Pearson Studium, München 2017.
- K. Wüst: Mikroprozessortechnik – Grundlagen, Architekturen, Schaltungstechnik und Betrieb von Mikroprozessoren und Mikrocontrollern, 4. Aufl., Vieweg + Teubner, Wiesbaden 2010.
- R. Hellmann: Rechnerarchitektur: Einführung in den Aufbau moderner Computer, De Gruyter Studium, Berlin 2016.
- P.S. Henning, H. Vogelsang: Taschenbuch Programmiersprachen, Fachbuchverlag Leipzig, München 2007.
- A. S. Tanenbaum: Moderne Betriebssysteme, 4. Aufl., Pearson Studium, München 2016.
- U. Troppens, R. Erkens, W. Müller: Speichernetze – Grundlagen und Einsatz von Fibre Channel SAN, NAS, iSCSI und InfiniBand, dpunkt.verlag, Heidelberg 2008.
- Zu aktuellen Themen der Hardware- und Softwareentwicklung empfehlen wir Ihnen folgende *Fachzeitschriften und -zeitungen*:
- *Computerwoche*, IDG Business, München.
 - *c't – Magazin für Computer-Technik*, Heise Medien Gruppe, Hannover.
 - *Heise-Newsticker* (kostenloser, täglich erscheinender Newsletter), Heise Medien Gruppe, Hannover (<http://www.heise.de/newsletter/>).

12 Datenkommunikation und Rechnernetze

- 12.1 Datenkommunikation — 562
 - 12.1.1 Datenübertragungssysteme — 563
 - 12.1.2 Übermittlung von Signalen — 565
 - 12.1.3 Übertragungsleistung — 568
 - 12.1.4 Logische und physische Datenkanäle — 571
 - 12.1.5 Übertragungsmedien — 573
- 12.2 Rechnernetze — 578
 - 12.2.1 Klassifikation von Rechnernetzen — 578
 - 12.2.2 Kommunikationsprotokolle — 580
 - 12.2.3 ISO/OSI-Referenzmodell — 582
 - 12.2.4 Sicherungsschicht — 584
 - 12.2.5 Kopplungseinheiten — 589
- 12.3 Internet-Protokolle — 593
 - 12.3.1 Schichtenmodell von TCP/IP — 596
 - 12.3.2 Protokolle der Internet-Schicht — 598
 - 12.3.3 Protokolle der Transportschicht — 603
 - 12.3.4 Protokolle der Anwendungsschicht — 605
- 12.4 Internet-Anwendungen und Cloud-Computing — 611
 - 12.4.1 Client-Server- und Peer-to-Peer-Architekturen — 611
 - 12.4.2 Internet-Anwendungen — 612
 - 12.4.3 Cloud-Computing — 614
- Die wichtigsten Punkte — 617
- Literatur — 618

Kapitelübersicht

Dieses Kapitel gibt eine Einführung in die Daten- und Rechnerkommunikation. Dieser Bereich bildet die Grundlage der rechnergestützten Kommunikation, über die heute ein Großteil der Informationsweitergabe zwischen Menschen untereinander, zwischen Menschen und Betrieben sowie zwischen und innerhalb von Betrieben erfolgt. In diesem Kapitel werden die Grundfunktionen der Daten- und Rechnerkommunikation beginnend mit elementaren Funktionen vorgestellt, über die dann schrittweise komplexere Kommunikationsdienste entwickelt werden. In der weiteren Folge werden die Grundkonzepte von Rechnernetzen erläutert und die Probleme und Lösungsansätze anhand eines Referenzmodells erklärt. Als Beispiel für die anwendungsnahen Schichten werden die Internet-Protokolle und im Speziellen das HTTP-Protokoll in seiner Funktionsweise vorgestellt, das die Grundlage des World Wide Web bildet. Abschließend werden beispielhaft Internet-Anwendungen im privaten Haushalt und Cloud-Computing beschrieben.

Lernziele

Nach der Durcharbeitung dieses Kapitels sollten Sie

- ein Grundverständnis der Funktionsweise von Rechnernetzen und des Internets im Speziellen haben,
- ein verbreitetes Referenzmodell für die Beschreibung von Kommunikationsaufgaben erklären können,
- die Grenzen der heute am weitesten verbreiteten Internet-Protokolle verstehen,
- die Einheiten zur Kopplung von Rechnernetzen unterscheiden können,
- Nutzungsmöglichkeiten von Cloud-Computing für Betriebe mit ihren Vor- und Nachteilen vergleichen können.

12.1 Datenkommunikation

Rechnernetze und im Speziellen das Internet haben sich in den letzten 40 Jahren von einer Plattform für Forscher zu einer kritischen Infrastruktur entwickelt, über die Betriebe ihre operativen Leistungen erbringen und koordinieren, über die von privaten Haushalten und Personen für alltägliche Informationsbedürfnisse, Einkäufe und Arbeitsleistungen erbracht werden, und in die auch zunehmend weitere Dienste integriert werden, die zur Verbesserung der öffentlichen Infrastrukturen führen sollen (beispielsweise Smart City, Smart Driving, Smart Transportation). Die Grundlage all dieser Dienste ist die Übertragung von Information in digitaler Form, bei der Quelle (Sender) und Senke (Empfänger) der Kommunikation Rechner sind, die diese Information entweder für den Menschen aufbereiten oder automatisiert weiterverarbeiten.

Unter der *rechnergestützten Kommunikation* versteht man den Austausch von Information über eine räumliche Distanz zwischen zwei Rechnern. Die rechnergestützte Kommunikation umfasst die traditionellen computergestützten Kommunikationsformen (beispielsweise E-Mail, Dialogdienste im Internet) ebenso wie Einsatzformen, bei denen die Endgeräte von Benutzern nicht zwingend als Rechner wahrgenommen werden, wie beispielsweise Smartphones oder Geräte mit eingebauten Rechnern im Bereich des Internets der Dinge. Wie in Kapitel 10 besprochen, können durch digitale Daten beliebige Inhalte, von Texten, Bildern, Tönen, Filmen bis zu Programmen, dargestellt werden, die auch entsprechend zwischen Rechnern übertragen werden können. Für die Datenkommunikation besteht kein Unterschied, ob in einem Netz Sprach-, Text- oder Bilddaten übertragen werden. Durch die Digitalisierung der Medien fließen

die früher getrennten Dienste unter Verwendung gemeinsamer Standards und Transportwege zusammen. Man spricht hierbei auch von der *Konvergenz der Medien*. Wenn die Kommunikation zwischen Menschen über Rechner durchgeführt wird, spricht man von computervermittelter Kommunikation (engl.: computer mediated communication).

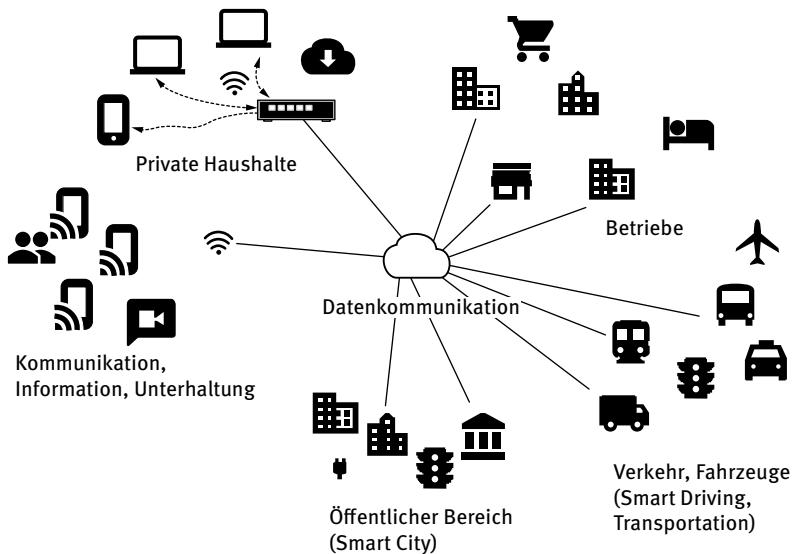


Abb. 12.1: Beispielhafte Anwendungen der Datenkommunikation

Doch wie funktioniert diese Rechnerkommunikation? Was sind deren Gemeinsamkeiten, Möglichkeiten und Grenzen? Die folgenden Abschnitte erklären die Funktionsweise ausgehend von sehr einfachen Aufgaben, auf denen aufbauend immer komplexer werdende Kommunikationsdienste bis hin zum Cloud-Computing erklärt werden.

12.1.1 Datenübertragungssysteme

Bei der Datenübertragung werden Daten, die in digitaler Form vorliegen, über ein Übertragungsmedium von einer Datenquelle zu einer Datensenke übertragen. Datenquelle und -senke sind elektronische Komponenten, die Bestandteil eines Rechners oder eines Peripheriegerätes (beispielsweise eines Druckers) sind. Man spricht deshalb allgemein von Datenstationen.

! Ein **Datenübertragungssystem** (engl.: data transmission system) besteht aus zwei oder mehreren Datenstationen, die zum Zwecke des Datenaustausches durch ein Übertragungsmedium (und mögliche Netzwerknoten) miteinander verbunden sind.

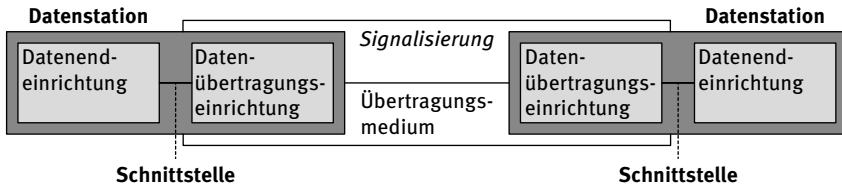


Abb. 12.2: Datenübertragungssystem

Innerhalb einer Datenstation werden die zu übertragenden Daten von einer Dateneneinrichtung über eine Schnittstelle zu einer Datenübertragungseinrichtung geleitet, welche die Daten in Signale umwandelt, die für die Übertragung über das Übertragungsmedium geeignet sind (Abb. 12.2). Auf der Empfängerseite werden diese Signale nach dem gleichen Signalisierungsverfahren wieder in digitale Daten zurück gewandelt.

Die wichtigsten Formen von Datenübertragungseinrichtungen sind Modems und Netzwerkadapter.

! Ein **Modem** (Kunstwort aus *Modulator* und *Demodulator*; engl.: modem) ist eine Datenübertragungseinrichtung, die digitale Daten der Dateneneinrichtung in analoge Übertragungssignale umwandelt und überträgt, beziehungsweise diese empfängt und decodiert.

Beispiele für Modems sind Telefonmodems, die digitale Daten in Töne umwandeln, oder Funkmodems, die Daten in Radiosignale umwandeln, oder Glasfasermode, die Daten in optische Signale umwandeln.

! Ein **Netzwerkadapter** (engl.: network interface controller, abgekürzt: NIC) ist eine Hardwarekomponente, die Daten über ein Netzwerk überträgt und dabei auch die Signalisierung übernimmt.

Netzwerkadapter waren viele Jahre typischerweise als optionale und austauschbare Steckkarten ausgeführt. Durch die zunehmende Standardisierung und die hohe Verbreitung von lokalen Netzen werden heute zunehmend Netzwerkadapter auf der Hauptplatine eines Rechners verbaut oder in Ein-Chip-Computer integriert.

Beachten Sie, dass das Konzept des Datenübertragungssystems (wie in Abb. 12.2 dargestellt) sehr allgemein ist. Beispiele für Datenstationen können

Großrechner, Workstations, PCs, Smartphones oder an das Internet anschließbare Dinge sein – das Prinzip ist überall das gleiche. Auch das Übertragungsmedium kann sehr vielfältig sein, und kann beispielsweise ein Kupferkabel, ein Glasfaserkabel oder auch die Luft (bei Funkübertragung) sein. Allerdings beeinflusst das Übertragungsmedium in hohem Umfang, wie die Signalisierung der Daten erfolgen kann und welche Übertragungsleistungen erzielbar sind.

12.1.2 Übermittlung von Signalen

Jede Bitfolge, die über ein Übertragungsmedium ausgetauscht wird, wird physikalisch über elektromagnetische Wellen übertragen. Eine Bitfolge muss also bei der physischen Übertragung als Wellenmuster codiert werden und beim Empfänger entsprechend decodiert werden. Die Codierung erfolgt über Welleneigenschaften, die durch *Frequenz*, *Wellenlänge* und *Amplitude* charakterisiert werden.

Die **Frequenz** (engl.: frequency) ist die Anzahl der Schwingungen pro Zeiteinheit und wird in der Einheit Hertz (benannt nach Heinrich Hertz – abgekürzt: Hz) gemessen. 1 Hz entspricht einer Schwingung pro Sekunde. Die **Wellenlänge** (engl.: wave length) entspricht dem Abstand zwischen zwei gleichen, aufeinander folgenden Schwingungen.



Wellenlänge und *Frequenz* stehen in reziproker Verbindung; eine große Wellenlänge entspricht einer kleinen Frequenz und umgekehrt. Da die Ausbreitungsgeschwindigkeit (beispielsweise die Lichtgeschwindigkeit) innerhalb des gleichen Mediums konstant ist, entspricht eine kürzere Wellenlänge einer höheren Frequenz. Hat man Angaben über die Wellenlänge oder die Frequenz, so kann man die jeweils andere Größe mithilfe der folgenden Formel berechnen:

$$Frequenz = \frac{1}{Wellenlänge}$$

Die Frequenz wird in Hertz gemessen, wobei die in Tab. 12.1 dargestellten Maßeinheiten und Abkürzungen gebräuchlich sind.

Maßeinheit	Abkürzung	Angabe in Hz	
1 Kilohertz	1 kHz	10^3 Hz	1.000 Hz
1 Megahertz	1 MHz	10^6 Hz	1.000.000 Hz
1 Gigahertz	1 GHz	10^9 Hz	1.000.000.000 Hz
1 Terahertz	1 THz	10^{12} Hz	1.000.000.000.000 Hz

Tab. 12.1: Größeneinheiten der Frequenz und deren Abkürzungen

Eine niedrige Wellenlänge deutet somit auf eine hohe Frequenz, eine hohe Wellenlänge deutet auf eine niedrige Frequenz hin. Eine hohe Frequenz eignet sich besser zur Datenübertragung, da viele Signale (Wellen) in kurzer Zeit erzeugt werden.

Je nach Frequenz werden elektromagnetische Wellen unterschiedlich benannt. Man unterscheidet beispielsweise zwischen Radiowellen, Mikrowellen, Infrarotwellen und sichtbarem Licht (siehe Abb. 12.3).

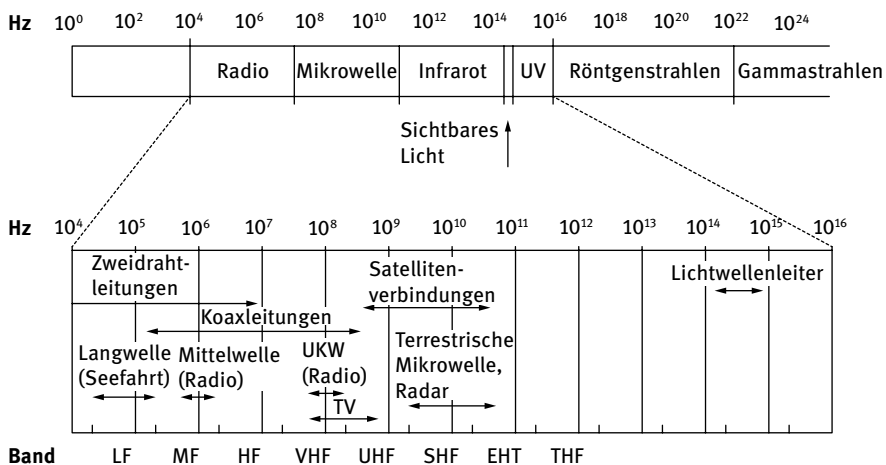


Abb. 12.3: Spektrum elektromagnetischer Wellen (nach Tanenbaum)

Das elektromagnetische Spektrum teilt sich in zahlreiche Frequenzbänder, welche je nach den physikalischen Eigenschaften der elektromagnetischen Wellen für Telekommunikation genutzt werden können. Im Funkbereich ist das Frequenzspektrum eine limitierte natürliche Ressource, da zwei Sender, die in unmittelbarer Nähe die gleichen Frequenzen benutzen, sich gegenseitig stören. Deshalb wird die Nutzung in der Telekommunikation in weiten Bereichen staatlich reguliert, um ungewollte Mehrfachnutzungen zu verhindern. Die lizenzierten Frequenzbereiche müssen meist von Betreibern öffentlicher Kommunika-

tionsnetze je nach Land und Vergabemodus für einen Nutzungszeitraum gekauft werden. Einzelne Frequenzbereiche sind lizenzfrei, wie beispielsweise die *ISM-Bänder* (Abkürzung von engl.: industrial, scientific, medical).

Die Wellenausbreitungseigenschaften elektromagnetischer Wellen unterscheiden sich stark nach dem Frequenzbereich. Radiowellen besitzen eine relativ lange Wellenlänge. Aufgrund dieser Eigenschaft können Radiowellen massive Gegenstände wie zum Beispiel Gebäude durchdringen und sind für die Übertragung von Daten über weite Übertragungsstrecken geeignet. Allerdings werden Radiowellen beispielsweise durch Elektroanlagen und Motoren gestört. Die Ursache für diese Störung sind die durch die Energie von elektrischen Geräten als Nebenprodukt erzeugten elektromagnetischen Schwingungen, die im gleichen Frequenzbereich liegen und vom Radiogerät empfangen und hörbar gemacht werden.

Generell können bei höheren Frequenzen größere Übertragungsleistungen erreicht werden. Somit eignen sich beispielsweise Mikrowellen besser für die Datenübertragung als Radiowellen. Im Gegensatz zu Radiowellen können *Mikrowellen nur eingeschränkt feste Körper (wie beispielsweise Gebäude) durchdringen*.

Beispiele für den Einsatz von Mikrowellen für die Datenübertragung sind das GSM-Netz (900 MHz, 1,8 GHz), Schnurlostelefone mit DECT (1,88 – 1,9 GHz), UMTS (unterschiedliche Frequenzbereiche bis zu 2.6 GHz), WLAN oder Bluetooth im lizenzfreien *ISM-Band*.

B

Die beiden noch nicht behandelten Signalparameter sind die Amplitude und die Phase.

Die **Amplitude** (engl.: amplitude) entspricht dem Grad des Ausschlags (der Auslenkung) einer Schwingung von einem Nullpunkt aus zu einem positiven oder negativen Wert. Mit der **Phase** (engl.: phase) einer Schwingung legt man den Anfangs- und Endzeitpunkt einer Schwingung fest.

!

Die Amplitude entspricht beispielsweise bei Stromsignalen der elektrischen Spannung. Zu einer *Phasenverschiebung* oder *Phasendifferenz* kommt es dann, wenn zwei Schwingungen nicht synchron, sondern zeitlich versetzt stattfinden.

Diese Signalparameter können genutzt werden, um digitale Information über elektromagnetische Wellen zu übertragen, wobei ein Modem diese Aufgabe durchführt. Ausgangspunkt für die Umwandlung ist eine Schwingung (ein Trägersignal), bei der entweder (a) die Amplitude, (b) die Frequenz oder (c) die Phase verändert wird, um den Wert „0“ oder „1“ zu codieren. Je nachdem spricht man von einer Amplitudenmodulation, einer Frequenzmodulation oder einer Phasenmodulation (siehe Abb. 12.4).

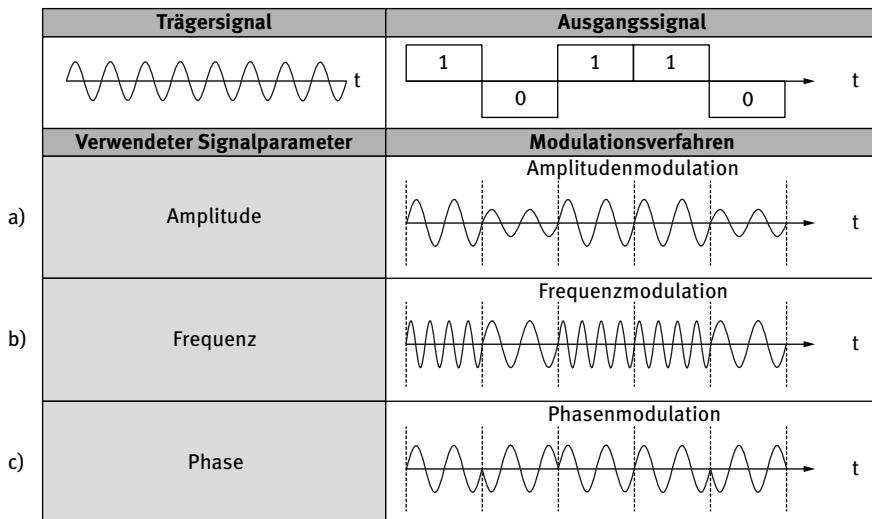


Abb. 12.4: Informationsdarstellung mit Signalparametern

Bei der *Amplitudenmodulation* (abgekürzt: AM) wird der Wert „1“ durch einen höheren Spannungspegel als der Wert „0“ dargestellt. Bei der *Frequenzmodulation* (abgekürzt: FM) wird eine höhere Frequenz für die Codierung des Wertes „1“ als für die Codierung des Wertes „0“ gewählt. Der Zeitpunkt der Phase bestimmt bei der *Phasenmodulation* (abgekürzt: PM), ob der Wert „0“ oder „1“ dargestellt wird. Die in Übertragungssystemen eingesetzten Modulationsverfahren sind zumeist Kombinationen aus den drei obigen Basisverfahren.

B

Die *Quadraturamplitudenmodulation* (abgekürzt: QAM) ist eine Kombination aus Amplituden- und Phasenmodulation. Die *Trellis-Code-Modulation* (abgekürzt: TCM) ist eine Variante der Amplitudenmodulation, die zur Reduktion von Fehlern über Telefonleitungen konzipiert wurde.

12.1.3 Übertragungsleistung

Die mögliche Übertragungsleistung wird wesentlich durch die Wahl des Übertragungsmediums bestimmt. Die wichtigsten Kennzahlen für die Übertragungsleistung sind die Übertragungskapazität, die Latenz der Übertragung sowie weitere Qualitätsfaktoren wie Fehlerrate oder Ausfallsicherheit.

Die **Übertragungskapazität** (*Übertragungsrate*, engl.: transfer rate) ist ein Wert, der angibt, welche Datenmenge in einer bestimmten Zeit über ein Medium übertragen werden kann. Die Übertragungskapazität wird durch die Anzahl der pro Sekunde übertragenen Bits gemessen.



Vielfach wird etwas ungenau anstelle des Begriffs *Übertragungskapazität* der Begriff *Übertragungsgeschwindigkeit* synonym verwendet. Dies ist allerdings nicht korrekt. Geschwindigkeit ist ein Maß für einen Weg pro Zeiteinheit (beispielsweise km/h). Folglich ist auch die Übertragungsgeschwindigkeit ein Maß für die Ausbreitungsgeschwindigkeit und besagt, wie lange ein einzelnes Signal (Bit) benötigt, um eine gewisse Distanz auf einem Medium zurückzulegen.



Die **Signallaufzeit** (engl.: signal propagation time) ist die Zeitspanne, die ein Signal (und somit ein Bit) benötigt, um eine Strecke zwischen zwei Punkten zu durchlaufen. Die Signallaufzeit wird in Millisekunden (abgekürzt: ms) gemessen.



Die *Ausbreitungsgeschwindigkeit von Lichtwellen* im Vakuum heißt Lichtgeschwindigkeit (etwa 3×10^8 m/s = 300.000 km/s). Innerhalb von festen Körpern kann diese Geschwindigkeit nicht erreicht werden. Beispielsweise beträgt die Ausbreitungsgeschwindigkeit in einem Kupferkabel etwa 75 Prozent und in einem Glasfaserkabel etwa 66 Prozent der Lichtgeschwindigkeit.

Zur Veranschaulichung können Sie die Begriffe der Übertragungskapazität und der Übertragungsgeschwindigkeit auf ein Rohrsystem mit Flüssigkeiten anwenden. Die Übertragungsgeschwindigkeit entspricht hier der Fließgeschwindigkeit einer Flüssigkeit. Die Übertragungskapazität ist das Produkt aus der Fließgeschwindigkeit und dem Durchmesser des Rohrs und besagt, welche Flüssigkeitsmenge in einer Zeiteinheit transportiert werden kann.



Ein weiterer wichtiger Bestimmungsfaktor für die Übertragungsleistung ist die *Latenz*.

Die **Latenz** (*Übertragungsverzögerung*, engl.: latency) ist die Verzögerung zwischen dem Versenden und der Ankunft des ersten Datenbits einer Meldung. Die Latenz ergibt sich aus der Verzögerung beim Verschicken, der Signallaufzeit über das Medium und der Verzögerung beim Empfangen einer Bitfolge. Die Latenz wird in Millisekunden (ms) angegeben.



Die *Latenz beim Verschicken und Empfangen* ergibt sich aus Verzögerungen, die beim Weiterreichen zwischen der Datenend- und der Datenübertragungsrichtung entstehen.

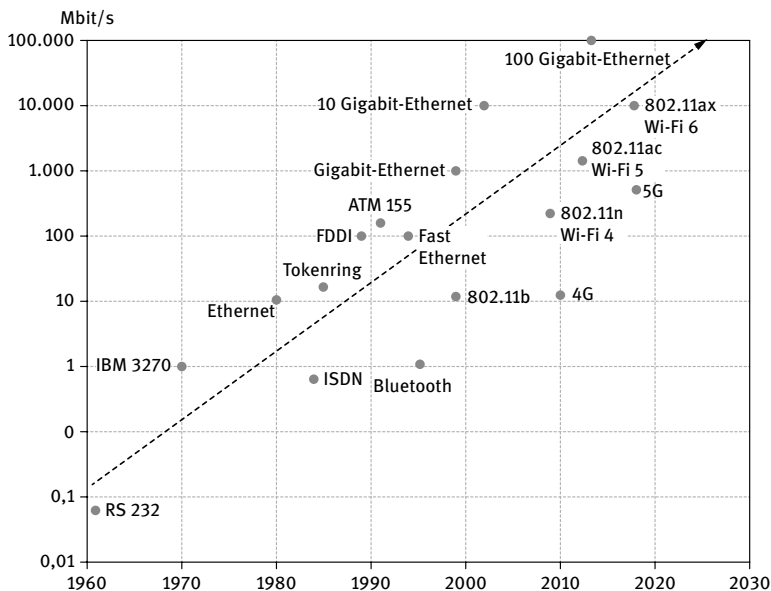


Abb. 12.5: Entwicklung der Übertragungskapazitäten

B

Bei einem lokalen Netzwerk, das auf *Ethernet* (10 Mbit/s) basiert, liegt die Latenz in der Größenordnung von etwa einer halben Millisekunde. Bei einer Übertragung über ein Telefonmodem ist die typische Latenz etwa 100 ms, also der etwa 200-fache Wert.

Für manche Anwendungen (Verschicken von E-Mails) ist die *Latenz* zweitrangig, für manche Anwendungen ist sie essenziell.

Typische Beispiele, bei denen geringe Latenz sehr wichtig ist, sind interaktive Sprach- und Videokonferenzanwendungen oder Computerspiele. Im Bereich der Telefonie wirkt sich eine hohe Latenz dadurch aus, dass der Empfänger Worte eines Kommunikationspartners nur verzögert hört. Dies beeinflusst den Kommunikationsfluss wesentlich. Die ITU-T (eine der wichtigsten Standardisierungsorganisationen im Telekommunikationsbereich mit dem Sitz in Genf) definiert die empfundene Verbindungsqualität abhängig von der Latenz wie in Abb. 12.6 dargestellt.

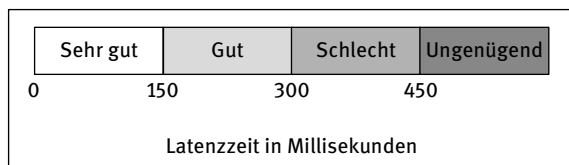


Abb. 12.6: Empfundene Verbindungsqualität und Latenz bei der Sprachkommunikation

Beispiel für hohe Latenz durch die Signallaufzeit: Führt ein Kommunikationsweg über hochfliegende Satelliten, eignet sich dieser nicht für Telefondienste. Die Signallaufzeit bei einer Übertragung von einem terrestrischen Punkt A über den Satelliten zu einem terrestrischen Punkt B beträgt etwa 240 bis 300 ms, die bidirektionale Gesamtlaufzeit beträgt für kleine Datenmengen 800 bis 900 ms. Damit ist die Qualität nach ITU-T bereits ungenügend. Bei einer *nicht interaktiven Datenübertragung* (beispielsweise einer Fernsehstrahlung) hingegen ist die *Latenz kein Problem*. Die Signallaufzeit von der Erde zum Mars beträgt im besten Fall 3 Minuten. Das bedeutet, dass jede Frage, die zum Mars geschickt wird, frühestens nach 6 Minuten beantwortet werden kann. B

Die **Transferzeit** (engl.: transfer time) ist die Zeit zwischen dem Beginn des Versendens des ersten Bits eines Datenstroms bis zum Empfang des letzten Bits. Die Transferzeit ist die Summe der *Sende-* und *Empfangslatenz* und der *Übertragungsdauer*, die durch die Übertragungskapazität und die übertragene Datenmenge bestimmt wird. !

Wenn zehn Bytes über ein *Modem mit einer Übertragungskapazität mit 33,6 kbit/s* übertragen werden, so ergibt sich die Transferzeit aus 200 ms (100 ms Sende-/Empfangslatenz auf beiden Seiten) plus die Übertragungsdauer von 2,4 ms (80 Bits / 33.600 bit/s), also 202,4 ms. Sie sehen somit, dass für das Versenden von kurzen Meldungen die Latenz einen viel größeren Einfluss als die Übertragungskapazität des Mediums besitzt. B

12.1.4 Logische und physische Datenkanäle

Über ein physisches Übertragungsmedium kann zu einem Zeitpunkt nicht nur eine Datenübertragung stattfinden, sondern es können auch mehrere sein, wenn ein *Multiplexverfahren* eingesetzt wird. Das Medium wird hierbei als physischer Datenkanal, und die einzelnen Übertragungen werden als logische Datenkanäle bezeichnet.

Ein **Multiplexverfahren** (engl.: multiplexing) ist eine Übertragungstechnik, durch die mehrere getrennte Verbindungen (logische Kanäle) simultan über ein einzelnes physisches Übertragungsmedium oder über einen weiteren logischen Kanal übertragen werden. Hierbei wird die verfügbare Übertragungskapazität zwischen den logischen Kanälen aufgeteilt. !

Die verfügbare Bandbreite eines Übertragungsmediums kann somit genutzt werden, um mehrere Übertragungskanäle parallel zu betreiben.

Beispielsweise können auf einer einzigen Faser eines Lichtwellenleiters (physische Leitung) mit einer Übertragungskapazität von 5 Tbit/s gleichzeitig mehr als 80 Millionen Telefongespräche geführt werden, ohne dass diese sich gegenseitig beeinflussen. B

Die wichtigsten Multiplexverfahren sind das Frequenzmultiplex- und das Zeitmultiplexverfahren.



Das **Frequenzmultiplexverfahren** (engl.: frequency division multiplexing; abgekürzt: FDM) verwendet für die logischen Kanäle verschiedene Frequenzbänder des gemeinsamen Übertragungsmediums.

Beim *Frequenzmultiplexverfahren* wird jedem logischen Übertragungskanal ein eigener Frequenzbereich zugewiesen, den dieser ungestört von den anderen Übertragungskanälen für die Kommunikation nutzen kann.



Das Frequenzmultiplexverfahren wird unter anderem bei allen regulierten Funkfrequenzbereichen wie beispielsweise Radiofunk, terrestrischem Fernsehen, Mobiltelefonie eingesetzt. Auch Fernseh- oder Radiokanäle werden entsprechend in einem engen Frequenzband gesendet und angewählt.

Da Frequenz und Wellenlänge in einem inversen Verhältnis stehen (eine große Wellenlänge entspricht einer niedrigen Frequenz), bezeichnet man das Frequenzmultiplexverfahren sowohl als *FDM-Verfahren* (Abkürzung von engl.: frequency division multiplex) als auch als *WDM-Verfahren* (Abkürzung von engl.: wavelength division multiplex).



Das **Zeitmultiplexverfahren** (engl.: time division multiplexing; abgekürzt: TDM) erlaubt logischen Kanälen exklusive Nutzungsrechte für kurze Zeitintervalle.

Beim *Zeitmultiplexverfahren* werden *Zeitschlitze* (engl.: time slot) definiert, die den logischen Übertragungskanälen für kurze Zeiträume exklusiv zugewiesen werden. Die dadurch garantierte Bandbreite ist proportional zu der Anzahl der zugeordneten Zeitschlitze. Die Zuweisung der Zeitschlitze an logische Kanäle kann entweder *statisch* (im Vorhinein definiert) oder *dynamisch* erfolgen, wobei im letzteren Fall laufend die Kapazität eines Kanals durch die Zuordnung weiterer Zeitschlitze erhöht oder verringert werden kann.

Eine wichtige Variante der Zeitmultiplexverfahren ist die *Paketvermittlung*, bei der Datenpakete von verschiedenen logischen Verbindungen abwechselnd nacheinander über ein Medium übertragen werden. In diesem Fall wird die Dauer der Exklusivnutzung des Mediums nicht durch vorgegebene Zeitschlitze, sondern primär durch den Bedarf geregelt.

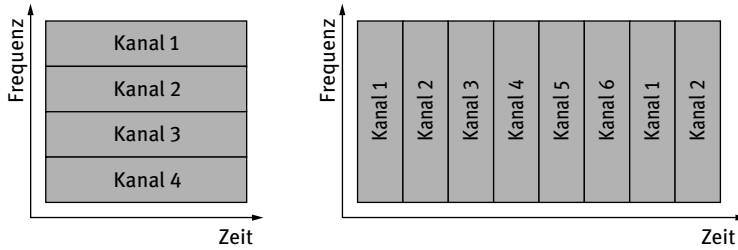


Abb. 12.7: Frequenz- und Zeitmultiplexverfahren

Die vorgestellten Multiplexverfahren können *auch gemeinsam* eingesetzt werden, wobei ein Kanal des Frequenzmultiplexbetriebs beispielsweise mit dem Zeitmultiplexverfahren geteilt werden kann.

12.1.5 Übertragungsmedien

Grob kann man die Übertragungsmedien in kabelgebundene und kabellose (drahtlose) gliedern. Die Abb. 12.8 liefert eine Klassifikation für die üblicherweise eingesetzten Übertragungsmedien.

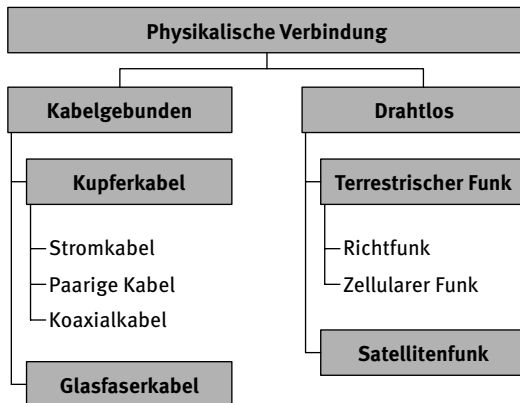


Abb. 12.8: Überblick Übertragungsmedien

Die in der Telefonie verwendeten **verdrillten Kupferkabel** (*Zweidrahtkupferleitungen*, engl.: twisted pair cable) sind derzeit das am weitesten verbreitete Übertragungsmedium für die Individualkommunikation. Hierbei erfolgt die Übertragung auf elektromagnetischem Wege über zwei Kupferleiter. Die Drähte sind miteinander verdrillt, um so weit wie möglich das Übersprechen benachbarter Adern innerhalb eines Kabels auszuschließen.



Verdrillte Kupferkabel sind verhältnismäßig *preiswert und einfach zu verlegen*. Nachteilig sind jedoch die relativ *geringe Bandbreite*, die relativ hohe *Störanfälligkeit* und die geringe *Abhörsicherheit*. Dies gilt vor allem für Telefonleitungen, die typischerweise für die Anbindung von Haushalten an das Fernsprechnetz (*Teilnehmeranschlussleitungen*) genutzt werden („Telefonkabel“). Für die Datenkommunikation werden häufig spezielle verdrillte Kupferkabel eingesetzt, die zwei oder vier verdrillte Kupferkabel enthalten, und höhere Übertragungsleistungen ermöglichen. Abhängig von der Kabellänge sind bis zu zehn Gbit/s ohne Abschirmung möglich, die höchsten derzeit verfügbaren Übertragungsleistungen liegen bei 40 Gbit/s.

Eine alternative Konstruktionsweise für Kabel sind Koaxialkabel, die vor allem im Bereich der Fernsehtechnik (beispielsweise als Antennenkabel) verbreitet sind.



In einem **Koaxialkabel** (engl.: coaxial cable) sind zwei Kupferleiter ineinander liegend (koaxial) angeordnet. Innerhalb – in der Achse, daher der Name – des hohlen Außenleiters (Grund) befindet sich der isolierte Innenleiter (Signal).

Durch die koaxiale Anordnung wird eine *hohe Sicherheit gegen Störungen* durch elektrische Felder erreicht, die von außen auf das Kabel einwirken. Ein Koaxialleiter emittiert – verglichen mit einem verdrillten Kupferkabel – durch seine Abschirmung wenig Energie. Daher können auch weit *höhere Frequenzen* als bei der Zweidrahtleitung übertragen werden (bis etwa 600 MHz pro Adernpaar, bei Einsatz geeigneter Kabel bis in den Gigahertzbereich). Diese Kabeltypen werden deshalb auch *Breitbandkabel* genannt. Die Verlegung von Koaxialkabeln ist wegen ihrer *hohen Steife* gelegentlich problematisch, insbesondere bei der Zusammenfassung vieler Einzelkabel in Kabelbündeln.

Lichtwellenleiter

Die bis jetzt beschriebenen Kabeltypen verwenden Kupfer für die Datenübertragung. Bei Lichtwellenleitern werden optische Signale über das Kabel für die Datenübertragung genutzt.



In **Lichtwellenleitern** (engl.: optical fiber cable) erfolgt die Informationsübertragung durch dünne Glas- oder Kunststofffasern mittels sehr kurzer Laserlichtimpulse (im Nanosekundenbereich) in hoher Impulsrate (Bandbreite bis hin zu 1 THz). Lichtwellenleiter werden häufig auch als *Glasfaserkabel* bezeichnet.

Lichtwellenleiter können beinahe *beliebig gekrümmt* werden (zumindest im Vergleich zu Kupferkabeln), ohne dass ihre Fähigkeit zur Datenübertragung darunter leidet. Die eigentliche Leitfaser ist dabei von einem Mantel mit niedrigerer Brechzahl (Brechungswinkel für die übertragenen Lichtimpulse) umschlossen. Der Kern hat eine zum Mantel höhere Brechzahl, wodurch an der Übergangsfläche das Licht reflektiert und in der Faser vorwärts geleitet wird. Somit ist das Licht im Kern „gefangen“, kann nicht austreten und geht damit nicht verloren. Man spricht hierbei von der *inneren Totalreflexion*.

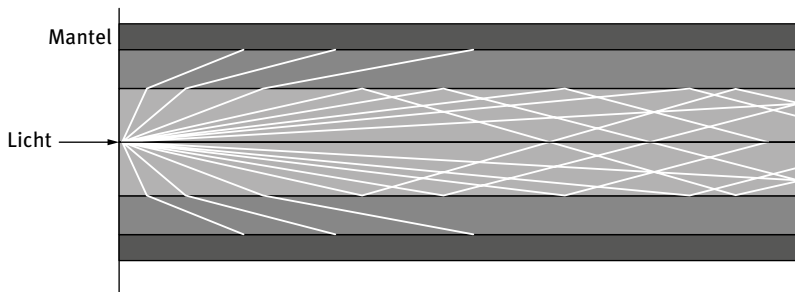
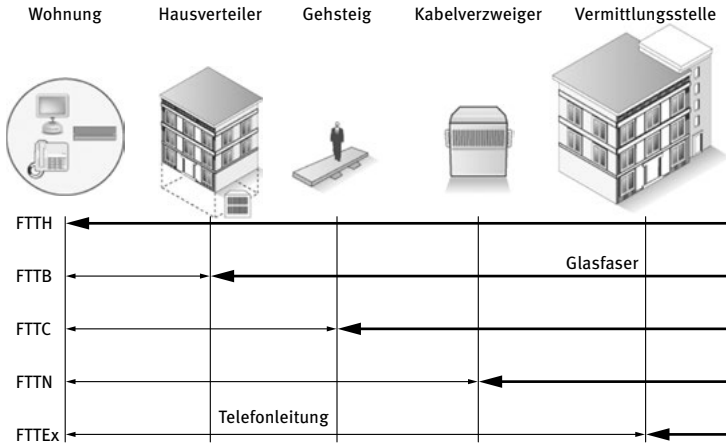


Abb. 12.9: Reflexion innerhalb eines Lichtwellenleiters

In der Datenkommunikation haben Lichtwellenleiter den Vorteil, dass sie sehr hohe Übertragungsleistungen (theoretische Übertragungsraten im Bereich von Tbit/s) ermöglichen, allerdings stellt der Übergang von Kupferleitungen auf Lichtimpulse und umgekehrt hohe Anforderungen an Steckverbindungen und Signalverstärker. Folglich ist der Einsatz relativ teuer und hat in Betrieben einen Schwerpunkt bei der Anbindung von Hochleistungsservern mittels 10-Gbit-Ethernet oder von *Storage Area Networks* (SAN) über *Fibre-Channel* (ein verbreitetes Protokoll, das meist über Lichtwellenleiter genutzt wird).

Ein weiterer wichtiger Einsatzbereich liegt in der Infrastruktur von Betrieben. Unter der Bezeichnung *FTTx* werden eine Reihe von glasfaserbasierten Zugangsnetzen subsummiert, die sich darin unterscheiden, wie nahe an den Privathaushalt der Einsatz von Glasfaser realisiert wird (siehe Abb. 12.10). Zu den Varianten zählen *FTTH* (Glasfaser bis nach Hause, Abkürzung von engl.: fiber to the home), *FTTB* (Glasfaser bis zum Hausverteiler, Abkürzung von engl.: fiber to the basement), *FTTC* (Glasfaser bis zum Gehsteig, Abkürzung von engl.: fiber to the curb), *FTTN* (Glasfaser bis zum Kabelverzweiger, Abkürzung von engl.: fiber to the node), *FTTEx* (Glasfaser bis zur Vermittlungsstelle, Abkürzung von engl.: fiber to the exchange). *FTTx* kam lange Zeit wegen hoher Kosten der Glasfaserverlegung und der Übertragungstechnik nur beschränkt zum Einsatz. Sowohl fallende Infrastrukturkosten als auch der Wettbewerb zwischen TV-Kabelnetz-

und Telefonnetzbetreibern haben jedoch nun dazu geführt, dass in manchen Ländern (beispielsweise in Korea, Taiwan oder in Japan) FTTx bereits großflächig ausgebaut ist. Dadurch ergeben sich für Haushalte und Betriebe hohe Zugangsleistungen mit vergleichsweise geringen Kosten.



*FTTH (Glasfaser bis nach Hause, Abkürzung von engl.: fiber to the home),
 FTTB (Glasfaser bis zum Hausverteiler, Abkürzung von engl.: fiber to the basement),
 FTTC (Glasfaser bis zum Gehsteig, Abkürzung von engl.: fiber to the curb),
 FTTN (Glasfaser bis zum Kabelverzweiger, Abkürzung von engl.: fiber to the node),
 FTTEx (Glasfaser bis zur Vermittlungsstelle, Abkürzung von engl.: fiber to the exchange).*

Abb. 12.10: Einsatz von Lichtwellenleitern bei der Einbindung von Privathaushalten

Drahtlose Übertragungsmedien

Generell lassen sich durch kabelgebundene Netzwerke höhere Übertragungsleistungen als durch Funk erreichen. Allerdings hat Funk den großen Vorteil, dass dieser keine aufwendige Verkabelung benötigt. Dadurch ist die Infrastruktur deutlich kostengünstiger und es wird eine höhere Mobilität der Endgeräte und die Verbindung ohne Kabelanschluss möglich. Je nachdem, wie Funksignale abgestrahlt werden, unterscheidet man zwischen *Richtfunk* und *Rundfunk*.



Der Begriff **Rundfunk** (engl.: broadcast radio transmission) bezieht sich auf die Aussendung von elektromagnetischen (Radio-)Wellen zur Datenübertragung an viele Adressaten, oft über Antennen, die in alle Richtungen abstrahlen. Bei **Richtfunk** (engl.: directional radio beam transmission) wird ein gebündelter Funkstrahl an die speziell ausgerichtete Antenne eines Adressaten übertragen.

Die Entwicklung des Rundfunks wurde durch die unidirektionale Massenkommunikation durch Radio- und Fernsehprogramme geprägt. Im Bereich der Datenkommunikation ist in der Regel bidirektionale Kommunikation notwendig, wodurch jede Empfangsstation auch gleichzeitig Sendestation sein muss. Wenn innerhalb der Reichweite eines Senders (in dessen Funkzelle) mehrere Sender gleichzeitig senden und die gleiche Frequenz benutzen, stören sie sich gegenseitig. Deshalb müssen entweder Multiplexverfahren eingesetzt werden, welche die Störung verhindern, oder die Störungen müssen behandelt werden. Ist die Sendeleistung eines Senders hoch, deckt dieser eine größere Fläche ab, in der sich potenziell mehrere andere Teilnehmer/Sender befinden können. Mehrere Teilnehmer bedeuten, dass die verfügbare Übertragungskapazität zwischen einer höheren Anzahl von Teilnehmern geteilt werden muss. Aus diesem Grund ist es vielfach sinnvoll, große Funkzellen in viele kleine Funkzellen (mit vielen Sendern mit geringer Reichweite) zu teilen, die sich nicht oder in weit geringerem Ausmaß gegenseitig stören. Man spricht hierbei auch von *räumlichem Multiplexing* (engl.: space division multiplexing).

Unter einem **Zellulernetz** (engl.: cellular network) wird ein Funknetzwerk verstanden, bei dem eine große Fläche durch mehrere, einander am Rand überlappende Sendezellen versorgt wird.



Ein Zellulernetz ist vor allem dann notwendig, wenn die Sendeleistung und/oder das verwendete Frequenzband keine ausreichende Versorgung eines sehr großen Bereichs (geografisch und/oder gemessen an der Teilnehmerzahl) mit einem einzelnen Sender zulässt. Die Größe einer Zelle hängt von den verwendeten Frequenzbereichen und der Sendeleistung ab und reicht typischerweise von wenigen Metern bis zu 40 km.

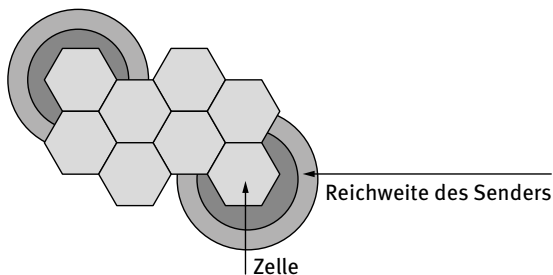


Abb. 12.11: Zellulernetz

B

Zellularnetze werden beispielsweise von den digitalen Mobilfunkstandards GSM, UMTS und LTE, aber auch bei WLAN-Protokollen verwendet.

Ist ein Teilnehmer mobil und bewegt sich von einer Zelle zu einer anderen, so ist eine *Verbindungsübergabe* (engl.: handover) notwendig, bei welcher der Wechsel zwischen Funkzellen möglichst ohne Unterbrechung der Kommunikationsverbindungen stattfindet. Besitzen die Funkzellen unterschiedliche Betreiber, so bezeichnet man die Verbindungsweitergabe von einem Heimnetzwerk in ein Fremdnetzwerk als *Roaming*.

12.2 Rechnernetze

In den vorhergehenden Abschnitten dieses Kapitels wurden Grundlagen der Datenübertragung vorgestellt, wobei insbesondere die Kommunikation zwischen zwei Datenstationen im Vordergrund stand. In diesem Abschnitt wenden wir uns nun der Frage zu, wie aus elementaren Datenübertragungswegen komplexe Netze geschaffen werden können, bei denen unterschiedlichste Übertragungswege über eine standardisierte Schnittstelle als ein einheitliches Medium genutzt werden können. Ein Beispiel für ein solches Netz bildet das Internet.

!

Unter einem **Rechnernetz** (auch kurz: *Netz* oder *Netzwerk*; engl.: computer network) wird ein räumlich verteiltes System von Datenstationen (Rechnern, Steuereinheiten und peripheren Geräten) verstanden, die durch Datenübertragungseinrichtungen und -wege miteinander verbunden sind.

12.2.1 Klassifikation von Rechnernetzen

Es existieren vielerlei Formen von Rechnernetzen, die für unterschiedliche Einsatzbereiche gebildet worden sind, und die Datenstationen in sehr unterschiedlicher Anzahl umfassen können. Dementsprechend vielfältig sind auch die Kriterien, nach denen man Netzwerke klassifizieren kann. Wir beschränken uns hier auf folgende Klassifikationskriterien:

- *Organisatorische Kriterien:* Wer ist der Betreiber eines Rechnernetzes? Wird ein Rechnernetz von einem Telekommunikationsdienstleister für die Nutzung durch jedermann angeboten, so spricht man von einem *öffentlichen Netz* (engl.: public network). Wenn ein Unternehmen sein eigenes Rechnernetz betreibt, das nicht (oder kaum) durch externe Teilnehmer genutzt

wird, so spricht man von einem *privaten Netz* (engl.: private network, corporate network).

- **Strukturelle Kriterien:** Wie ist die Struktur des Netzwerks aufgebaut, welche Knoten (Datenstationen) stehen mit welchen anderen Knoten physisch in Verbindung? Die Regeln, nach denen die Struktur eines Netzwerks bestimmt wird, werden durch die *Netzwerktopologie* (engl.: network topology) bestimmt. Sie definiert, welche Datenstationen (Knoten, engl.: node) in einem Netzwerk mittels Kommunikationsverbindungen (Kanten, engl.: edge) physisch miteinander verbunden werden können.

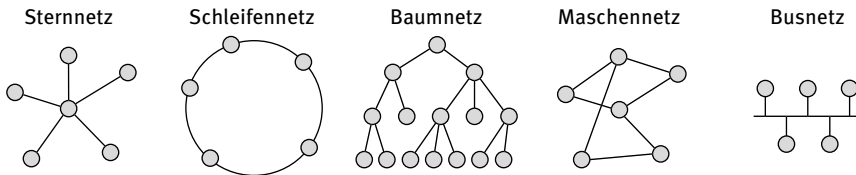


Abb. 12.12: Netzwerktopologien

- **Geografische Kriterien:** Welche räumliche Netzausdehnung hat das Rechnernetz? Je nach Ausdehnung unterscheidet man zwischen einem *persönlichen Netz* (Ausdehnung etwa ein Quadratmeter um eine Person, engl.: personal area network, abgekürzt: PAN), einem *lokalen Netz* (für örtliche Arbeitsgruppen, Abteilungen, maximal eine Betriebsstätte, engl.: local area network, abgekürzt: LAN), einem *Netz für ein städtisches Ballungszentrum* (engl.: metropolitan area network, abgekürzt: MAN) oder darüber hinausgehend einem *Weitverkehrsnetz* (engl.: wide area network, abgekürzt: WAN).

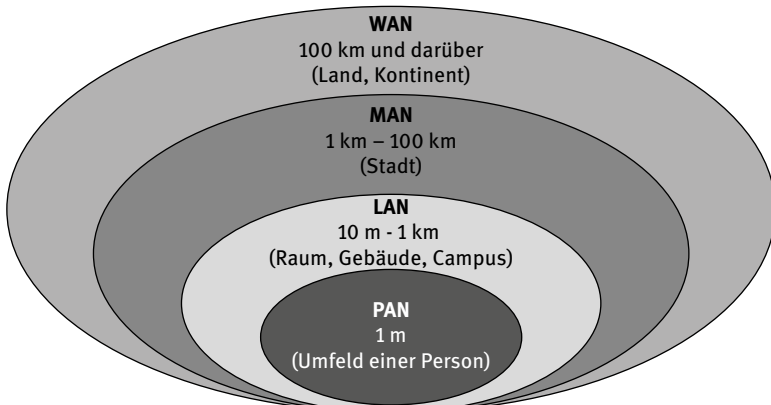


Abb. 12.13: Klassifikation von Rechnernetzen nach der räumlichen Ausdehnung

Je nach Größenordnung des Rechnernetzes stehen unterschiedliche Aspekte im Vordergrund. Während beispielsweise bei lokalen Netzen *die Kosten pro Arbeitsplatzrechner* und die *Robustheit* gegenüber unsachgemäßer Bedienung durch ungeschulte Benutzer im Vordergrund stehen, werden auf den nächst höheren Ebenen Netzwerke gebildet, welche die unteren Netze verbinden.

B

Man spricht deshalb auch beim *Internet* vom „Netz der Netze“.

Wird beispielsweise ein LAN an ein MAN angeschlossen, so bedeutet dies meist, dass dieser Anschluss allen Teilnehmern des LAN zugutekommt, wodurch er weniger kostenkritisch wird, aber höheren Durchsatz verlangt. Ein WAN wird von Telekomunternehmen betrieben, in deren Interesse die Bewirtschaftung der Übertragungskapazitäten liegt.

B

Eine spezielle Form von persönlichen Netzwerken sind die *Körpernetzwerke* (engl.: body area network, abgekürzt: BAN), die zur Anbindung von am Körper getragenen medizinischen Sensoren dienen.

12.2.2 Kommunikationsprotokolle

Wir wenden uns nun der Frage zu, wie Rechnernetze gestaltet werden, damit es möglich wird, dass bis zu Milliarden von Datenstationen miteinander kommunizieren können. Die Problemstellung wird durch eine geschichtliche Betrachtung klarer. Bis Anfang der 1980er Jahre bestand ein *Rechnernetz* zumeist aus (wenigen) *Großrechnern* und verhältnismäßig einfachen Datenstationen, die mittels proprietärer Protokolle miteinander verbunden waren. Schon allein aus Mangel an Standards herrschten herstellerspezifische Lösungen vor, wodurch ausschließlich die herstellereigenen Geräte und Programme für den Zugang genutzt werden konnten. Für Netzwerke in der Größenordnung des Internets wäre das völlig undenkbar. Bald wurde klar, dass für Netzwerke in dieser Größenordnung *offene Kommunikationssysteme* unumgänglich sind.

!

Offene Kommunikationssysteme (engl.: open communication system) bestehen aus Systemkomponenten, welche auf anerkannten, öffentlichen Standards und Normen beruhen. Komponenten offener Systeme sind herstellerunabhängig und unterstützen so die Interoperabilität in Kommunikationssystemen.

Mittlerweile arbeiten Rechner aller Art und von verschiedenen Herstellern über offene Kommunikationsprotokolle (zum Beispiel die Protokollfamilie TCP/IP, die im weiteren Verlauf noch genauer beschrieben wird) zusammen. In Organisationen wie dem W3C (Abkürzung von engl.: World Wide Web Consortium) kooperieren Unternehmen und öffentliche Forschungsinstitutionen, um frei zugängliche Standards für die Kommunikation im Internet zu erarbeiten.

Ein **Kommunikationsprotokoll** (*Protokoll*; engl.: communication protocol) ist eine festgeschriebene Konvention für die Kommunikation zwischen Datenstationen. Das Kommunikationsprotokoll regelt den Aufbau (Syntax, Repräsentationsgrößen, notwendige Inhalte) von Meldungen und legt fest, welche Antworten auf Meldungen erfolgen müssen/können.



Ein Kommunikationsprotokoll ähnelt der menschlichen Kommunikation: Wenn sich zwei Menschen unterhalten, so kann immer nur eine Person nach der anderen sprechen. Die Sprecher müssen die gleiche Sprache/Schrift benutzen und die gleichen Begriffe verstehen. Wird beispielsweise eine Steuererklärung beim Finanzamt eingereicht, so müssen bestimmte Formulare genutzt werden, in die spezielle Information eingetragen werden muss. Bringt man einen Brief zur Post, dann muss auf dem Brief der Adressat mit seinem Namen und Adresse international klar verständlich angeführt werden (Name, Straße, Hausnummer, Postleitzahl, Ort, Land usw.).



Kommunikationsprotokolle legen die Regeln für die Kommunikation zwischen Rechnern in einer präzisen und möglichst unmissverständlichen Form fest. Einige dieser Regelungen sind für viele Kommunikationsanwendungen nutzbar, andere sind nur für einzelne Anwendungen relevant. Die Konventionen über Kabeltypen und Signalisierung sind anwendungsunabhängig und unterscheiden sich nicht für eine Übertragung einer Webseite, einer Sprachmeldung oder einer E-Mail. Regelungen für die Definition von E-Mail-Adressen sind nur für E-Mails relevant. Erfolgt eine Kommunikation nur zwischen zwei direkt verbundenen Datenstationen, so ist klar, dass jede Meldung nur an den Kommunikationspartner am anderen Ende der Verbindung erfolgen kann. Sind mehrere Rechner zusammengeschlossen, müssen die Empfänger – ähnlich wie bei einer postalischen Adresse – identifiziert werden. Das Problem der Adressierung stellt sich somit nicht für jede Form der Kommunikation. Für jede dieser Problemstellungen existieren auch mehrere Lösungen, die in den Protokollen festgehalten werden. Allgemein lässt sich sagen, dass die Definition von Kommunikationsregeln in einem Netzwerk ein sehr komplexes und vielschichtiges Problem darstellt.

12.2.3 ISO/OSI-Referenzmodell

Zur Einordnung und Strukturierung von Kommunikationsprotokollen wurde das ISO/OSI-Referenzmodell geschaffen. Es wurde von der *ISO* (Abkürzung von engl.: International Standardization Organization) in Zusammenarbeit mit weiteren internationalen Normungsgremien entwickelt.



Das **ISO/OSI-Referenzmodell** (synonym: OSI-Referenzmodell, OSI ist die Abkürzung von engl.: open systems interconnection) ist ein *allgemeines*, abstraktes Schichtenmodell für die Kommunikation zwischen Datenstationen in einem offenen, heterogenen Netzwerk. Dieses Modell dient zur Einordnung von Kommunikationsprotokollen.

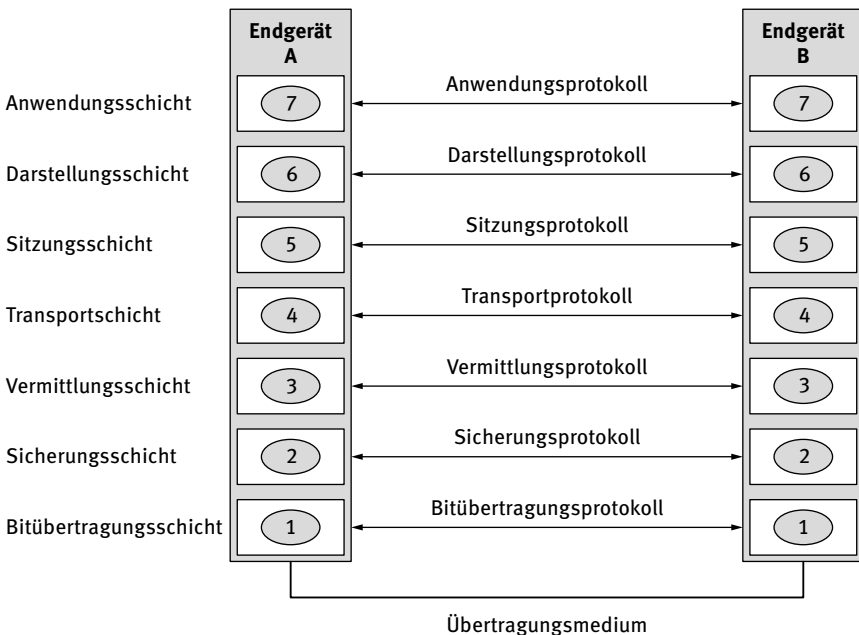


Abb. 12.14: ISO/OSI-Referenzmodell

Das ISO/OSI-Referenzmodell gliedert die Teilaufgaben der Kommunikation in *sieben Funktionsschichten* (siehe Abb. 12.14). Auf jeder Schicht sind entsprechende Protokolle vorgesehen, für die es mehrere Alternativen geben kann. Bei der Kommunikation zwischen konkreten Datenstationen müssen aber die jeweils gleichen Protokolle bei allen beteiligten Kommunikationspartnern in gleicher Form verfügbar sein.

Die unterste Schicht ist die **Bitübertragungsschicht** (Schicht 1; engl.: physical layer). Sie ist für die Übertragung einzelner Bits zwischen zwei Datenstationen über ein konkretes Medium zuständig. Hier werden die physikalisch-technischen Eigenschaften der Übertragungsmedien zwischen den verschiedenen Rechnern innerhalb des Netzes festgelegt. Dazu gehört beispielsweise die Darstellung der Zustände „1“ und „0“ (die jeweils ein Bit repräsentieren) durch bestimmte Spannungen, die Signaldauer für die Übertragung eines Bits und das Modulationsverfahren (Signalisierung).

Die **Sicherungsschicht** (Schicht 2; engl.: data link layer) hat die Aufgabe, ein *Zugangsverfahren* für das Kommunikationsmedium zu definieren (beispielsweise Festlegung von Senderechten) und Regeln für die *Adressierung* von Kommunikationspartnern am gleichen Medium festzulegen. Weiterhin muss diese Schicht eine *gesicherte Übertragung* von Bitfolgen ermöglichen, die potenziell auftretende *Übertragungsfehler* behandeln kann. Gemäß diesen zwei Aufgabenbereichen wird die Sicherungsschicht häufig weiter in eine Teilschicht für *Zugriffsverfahren auf das Medium* (engl.: media access control, abgekürzt: MAC) und in eine Teilschicht für die *Verbindungskontrolle* (engl.: logical link control, abgekürzt: LLC) unterteilt.

Hauptaufgabe der **Vermittlungsschicht** (Schicht 3; engl.: network layer) ist die Adressierung von Zielsystemen (Rechnern) über mehrere Teilstrecken hinweg sowie die Steuerung der Wegwahl.

Die **Transportschicht** (Schicht 4; engl.: transport layer) stellt mithilfe der drei darunter liegenden Schichten (transparente) Verbindungen zwischen zwei Anwendungen her. Für verbindungsorientierte Kommunikationsdienste werden die empfangenen Nachrichten auf dieser Ebene beispielsweise in die korrekte Reihenfolge gebracht, verloren gegangene Nachrichten werden neu angefordert, bei einer zu großen Anzahl von Fehlern oder bei der Überschreitung von vorgegebenen Maximalantwortzeiten wird die Verbindung getrennt. Den höheren Schichten wird somit – je nach Protokoll – ein fehlerkorrigierter Datenstrom zur Verfügung gestellt.

In der **Sitzungsschicht** (Schicht 5; engl.: session layer) wird der Auf- und Abbau von Kommunikationsverbindungen (*Sitzung*; engl.: session) gesteuert. Typischerweise besteht eine Sitzung aus einem Verbindungsaufbau (Anmeldung), dem Austausch von Daten und dem Verbindungsabbau (Abmeldung), durch den die Sitzung beendet wird.

In der **Darstellungsschicht** (Schicht 6; engl.: presentation layer) werden die Daten in eine standardisierte Darstellung gebracht. Hierzu werden gegebenenfalls die Formate der übermittelten Daten entsprechend konvertiert. In dieser Schicht werden beispielsweise Zeichensätze von (heterogenen) Kommunikationspartnern angeglichen, unterschiedliche Zeilenendemarkierungen für

das Zielsystem des Empfängers angepasst, Ver-/Entschlüsselungen und Datenkompressionen/-dekompressionen durchgeführt oder Grafikformate ausgehandelt.

Die **Anwendungsschicht** (Schicht 7; engl.: application layer) stellt anwendungsbezogene Kommunikationsdienste bereit. Auf dieser Ebene sind beispielsweise die Kommunikationsprotokolle für Dateitransfer, E-Mail oder der Zugriff auf Webserver angesiedelt. Die Protokolle der siebenten Schicht stellen ihre Dienste den entsprechenden Anwendungsprogrammen zur Verfügung.

Die wichtigsten Grundlagen für ein Basisverständnis der Bitübertragungsschicht wurden bereits im Abschnitt 12.1 vorgestellt. Im *folgenden Abschnitt* wird die *Sicherungsschicht* beschrieben, welche die Übertragung von Datenblöcken (Paketen) und die Protokolle für lokale Netze definiert. Anschließend werden die *oberen Schichten* des ISO/OSI-Referenzmodells *anhand der Internet-Protokolle* behandelt.

12.2.4 Sicherungsschicht

In diesem Abschnitt befassen wir uns mit der Kommunikation innerhalb von lokalen Netzen und behandeln dabei schwerpunktmäßig die Ethernet-Familie, die derzeit die wichtigste Protokollfamilie auf der Sicherungsschicht ist. Während auf der Bitübertragungsschicht definiert wird, wie ein einzelnes Bit übertragen wird, sind die elementaren Elemente auf der Sicherungsschicht Datenpakete, die gesichert übertragen werden. Im Fall des 10-Mbit-Ethernet-Protokolls beträgt die Länge eines Ethernet-Pakets zwischen 64 und 1.518 Bytes (Abb. 12.15) ohne Präambel, die den Paketanfang signalisiert.

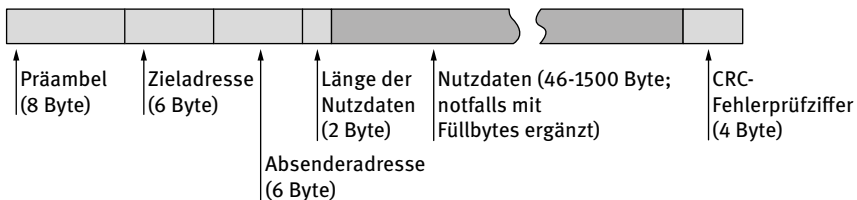


Abb. 12.15: Aufbau eines 10-Mbit-Ethernet-Paketes

Ein Ethernet-Paket enthält *Nutzdaten* (engl.: payload), das sind die Daten, die von einer Anwendung übertragen werden sollen, und *Steuerdaten* (engl.: control data), das sind Daten, die zusätzlich notwendig sind, damit die Nutzdaten übertragen werden können. Im Fall des 10-Mbit-Ethernets gehören zu den Steuerdaten eine Präambel, die anzeigt, dass ein neues Paket beginnt, die Ziel-

und Absenderadresse, die Länge der Nutzdaten und eine Prüfziffer zur Fehlererkennung. Generell sind bei jedem Protokoll Steuerdaten notwendig. Das heißt, dass bei jeder Übertragung von Nutzdaten durch die verwendeten Protokolle mehr Daten übertragen werden müssen.

Der Anteil der Steuerdaten am gesamten Übertragungsvolumen wird **Protokoll-Overhead** (engl.: protocol overhead) genannt.



Beträgt beispielsweise für die Übertragung einer Datei im Umfang von 1.000 Bytes das gesamte Übertragungsvolumen 1.500 Bytes, so beträgt der Protokoll-Overhead 50 Prozent.



Zu den Steuerdaten zählen beispielsweise die *Adressen der Datenstationen*. Im Fall von Ethernet sind die Adressen fix vom Netzwerkadapter vorgegeben. Das Protokoll verlangt, dass diese sogenannten *MAC-Adressen* (engl.: MAC address, Abkürzung von engl.: media access control address) eindeutig sind, sodass es möglich ist, Datenpakete an genau eine Datenstation zu übermitteln. Man spricht hierbei von einer Punkt-Adressierung.

Je nach der Anzahl der Empfänger eines Nachrichtenpakets kann man zwischen *Punkt-, Mehrpunkt- und Broadcast-Adressierung* unterscheiden.

Die **Punkt-Adressierung** (engl.: unicast) bezeichnet die eindeutige Adressierung einer einzelnen Datenstation. Die **Mehrpunkt-Adressierung** (engl.: multicast) bezeichnet die gleichzeitige Adressierung mehrerer Datenstationen. Ein Paket ist für mehrere Empfänger bestimmt, das identische Paket wird von allen bezeichneten Datenstationen empfangen. Über die **Broadcast-Adressierung** (engl.: broadcast; unübliche deutsche Übersetzung: Rundsendung) wird ein Paket an alle an das Medium angeschlossenen Datenstationen gesendet.

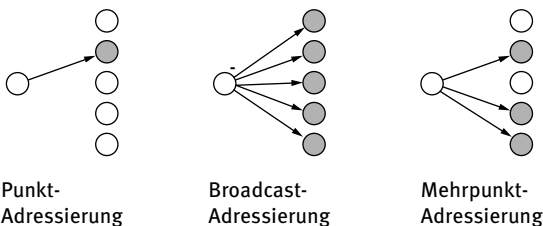


Abb. 12.16: Adressierungsformen

Werden mehrere Rechner zu einem Rechnernetz zusammengeschlossen, so kann dies über ein gemeinsames Medium erfolgen, an das diese Rechner direkt angeschlossen sind, oder es können diese Rechner über viele Punkt-zu-Punkt-Verbindungen zusammengeschlossen werden.



Bei **Teilstreckennetzen** (engl.: point-to-point network) existieren getrennte Übertragungswege zwischen den Datenstationen. Die einzelnen Knotenrechner empfangen Datenpakete, untersuchen, ob diese Datenpakete für sie bestimmt sind und leiten sie gegebenenfalls weiter.

In einem Teilstreckennetz sind die einzelnen Knoten für die *Wegwahl* der Datenpakete zuständig. Dies ist eine Aufgabe der dritten Schicht des ISO/OSI-Schichtenmodells. Teilstreckennetze haben den Vorteil, dass jede Teilverbindung prinzipiell über *unterschiedliche Übertragungsmedien* realisiert werden kann, wodurch sie sich vor allem für großflächige und heterogene Netzwerke eignen.



Bei einem **Diffusionsnetz** (engl.: broadcast network, shared media network) werden alle Knoten an ein gemeinsames (das gleiche) physikalisches Übertragungsmedium angeschlossen, über das Datenpakete ausgetauscht werden. Jeder Knoten kann prinzipiell auf jedes Datenpaket zugreifen, welches über das gemeinsame Medium ausgetauscht wird. Innerhalb von Diffusionsnetzen ist daher keine Wegwahl erforderlich.

Die Regelung des Zugangs zu einem Diffusionsnetz (welche Station darf wann senden) ist eine der wichtigsten Aufgaben auf der Sicherungsschicht. Das Zugangsverfahren legt fest, unter welchen Voraussetzungen eine Datenstation ein Paket senden darf. Prinzipiell werden hier zwei Verfahren unterschieden:

- Bei *streng koordinierten (deterministischen) Zugangsverfahren* wird durch eine Vorschrift exakt festgelegt, zu welchen Zeitpunkten jede einzelne Station senden darf.
- Bei *konkurrierenden (stochastischen) Zugangsverfahren* ist jede Station prinzipiell zu jedem Zeitpunkt berechtigt, ein Paket zu senden. Versuchen zwei Stationen zum gleichen Zeitpunkt ein Paket zu senden, tritt ein Fehler (eine Kollision) auf. Nach einer bestimmten Wartezeit müssen beide Stationen versuchen, ihre Pakete erneut zu senden.



Die unterschiedlichen Verfahren können durch einen *Vergleich mit menschlichen Verhaltensweisen* veranschaulicht werden. Das *streng koordinierte Zugangsverfahren* ähnelt einer Diskussion, die von einem Diskussionsleiter geregelt wird. Der Diskussionsleiter erteilt einem Teilnehmer das Wort und kann es ihm wieder entziehen. Das *konkurrierende Zugangsverfahren* entspricht einer Diskussion ohne Diskussionsleiter, bei der jeder Teilnehmer in einer Gesprächspause selbstständig das Wort ergreifen kann. Wenn zwei Teilnehmer zur gleichen Zeit beginnen zu sprechen, versteht keiner etwas, und es muss eine individuelle Regelung gefunden werden, wer wann das Wort ergreifen darf.

Wir präsentieren in diesem Abschnitt das CSMA-Verfahren, welches das am weitesten verbreitete Zugangsverfahren ist und das den *konkurrierenden Zugangsverfahren* zuzurechnen ist. Es wird von der Ethernet-Protokollfamilie genutzt.

Beim Zugangsverfahren **CSMA** (Abkürzung von engl.: carrier sense multiple access) ist jede Datenstation prinzipiell zu jedem Zeitpunkt sendeberechtigt. Bei diesem Verfahren horcht eine sendewillige Station zunächst am Übertragungsmedium und prüft damit, ob eine andere Station gerade sendet. Ist das Medium frei, so kann die Station senden. 

Wenn allerdings zwei oder mehrere Stationen gleichzeitig zu senden beginnen, kommt es zu einer *Kollision*, die gleichzeitig sendenden Datenstationen stören sich gegenseitig. Für die Behandlung dieser Problematik existieren zwei Varianten:

1. CSMA/CD zur *verlässlichen Erkennung von Kollisionen* (Abkürzung von engl.: collision detection): Bei dieser Variante können bei freier Verbindung die Daten sofort verschickt werden. Kollisionen werden erkannt, indem die sendende Station während des Sendevorgangs die von ihr gesendeten Bitfolgen mit den Signalen auf der Leitung vergleicht. Weichen diese voneinander ab, so ist eine Kollision aufgetreten. Die Station, bei der ein Fehler erkannt wurde, sendet ein spezielles Signal (das sogenannte *Jam-Signal*) aus, das den anderen Stationen mitteilt, dass die empfangenen Daten inkorrekt sind.
2. CSMA/CA zur *weitgehenden Verhinderung von Kollisionen* (Abkürzung von engl.: collision avoidance): Bei dieser Variante prüft die sendewillige Station in regelmäßigen Abständen, ob die Leitung frei ist, verschickt dann eine *Sende-anfrage* (engl.: request to send, abgekürzt: RTS) und erhält als Antwort von einem Koordinator eine Sendeerlaubnis (engl.: clear to send, abgekürzt: CTS), bevor die eigentlichen Daten verschickt werden.

Während bei CSMA/CD die Kollisionsbehandlung im Vordergrund steht, wird bei CSMA/CA versucht, Kollisionen weitgehend zu verhindern. Die etwaige Fehlerbehandlung erfolgt beim Empfänger durch Prüfziffern. Das CSMA/CA-Verfahren benötigt einen Koordinator, der allerdings bei den WLAN-Protokollen (Abkürzung von engl.: wireless LAN) in der Form des *Zugangspunkts* (engl.: access point) gegeben ist. Entsprechend wird CSMA/CD für kabelgebundene Varianten von Ethernet verwendet und CSMA/CA für die drahtlosen Varianten.

Abb. 12.17 zeigt die Entwicklung von Ethernet seit 1980. Die logarithmische Y-Achse zeigt die Übertragungsraten, die X-Achse das Veröffentlichungsdatum des jeweiligen Ethernet-Standards. Die kabelgebundenen Ethernet-Standards tragen die Bezeichnungen 802.3X, während die (funkbasierten) WLAN-Standards 802.11X heißen, wobei „X“ ein Platzhalter für die exakte Versionsbezeichnung ist. Man kann erkennen, dass die mit Abstand höchsten Übertragungsraten kabelgebunden über Glasfaser erreichbar sind.

B

Durch den Standard *IEEE 802.3ab* wird Gigabit-Ethernet über UTP (verdrehte Zweidrahtleitungen) mit einer Übertragungsrate von 1 Gbit/s definiert. Der Standard definiert sowohl die Übertragung auf der Bitübertragungs- als auch auf der Sicherungsschicht.

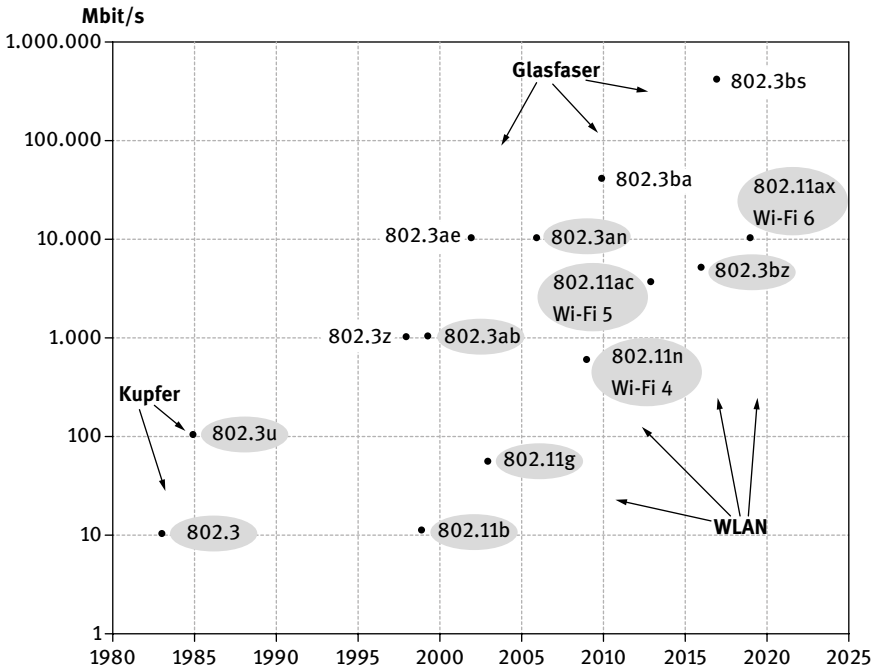


Abb. 12.17: Protokolle der Ethernet-Familie

Eine weitere Aufgabe auf der Sicherungsschicht ist die *Flusssteuerung*, durch die die Kommunikationspartner gegenseitig kommunizieren können, ob die Pakete erfolgreich empfangen wurden, und wann sie bereit sind, weitere Pakete zu empfangen.

!

Die wichtigste Aufgabe der **Flusssteuerung** (engl.: data flow control) ist die Koordination beziehungsweise Synchronisation der Übertragungs- und Verarbeitungsrate zwischen zwei Datenstationen.

Das einfachste Protokoll zur Flusssteuerung basiert auf dem expliziten Versenden von *Bestätigungen für empfangene Pakete* (engl.: send and wait protocol). Für jedes empfangene Paket wird eine Bestätigung an den Absender geschickt (engl.: acknowledge, abgekürzt: ACK). Dies ist in Abb. 12.18 in der linken Spalte abgebildet.

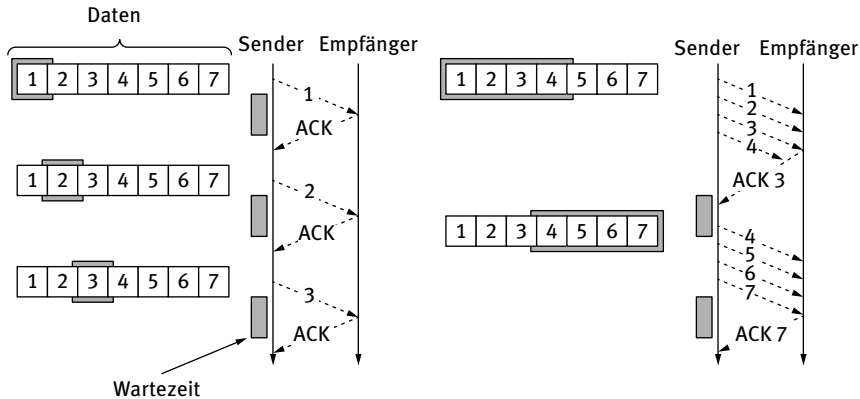


Abb. 12.18: Flusssteuerung mit und ohne Schiebefenster

Im einfachsten Fall verschickt der Sender ein Paket und wartet auf die Bestätigung. Sobald diese empfangen wurde, kann der Sender ein weiteres Paket abschicken. Auf diese Weise werden Sender und Empfänger bezüglich der *Paketverarbeitungsrate* synchronisiert. Die Übertragungsleistung kann deutlich verbessert werden, wenn gleichzeitig mehrere Pakete verschickt beziehungsweise bestätigt werden. Man spricht hierbei von einer *Flusssteuerung mit Fenstermechanismus* (engl.: sliding window protocol). Ein sogenanntes *Schiebefenster* (engl.: sliding window) kann hierbei n Datenpakete (beispielsweise vier) aufnehmen, die sukzessive gefüllt oder abgearbeitet werden können. Durch die empfangenen Bestätigungen weiß der Sender, welche Pakete als nächstes übertragen werden sollen. Dies ist in Abb. 12.18 in der rechten Spalte dargestellt. Die Pakete werden mit Sequenznummern ausgestattet und können dadurch beispielsweise im Fehlerfall selektiv nachbestellt werden. Beachten Sie, dass in dem Beispiel durch das Schiebefenster im gleichen Zeitintervall alle Pakete übertragen wurden.

12.2.5 Kopplungseinheiten

Um unterschiedliche Teilnetze (Kabelsegmente) zu verbinden, werden *Kopplungseinheiten* (engl.: gateway) eingesetzt, die auf unterschiedlichen Schichten des ISO/OSI-Referenzmodells je nach Bedarf Anpassungen von unterschiedlichen Protokollen durchführen können. Im einfachsten Fall werden auf der ersten Schicht Signale verstärkt und an weitere Teilsegmente weitergegeben. Bei einer Kopplung auf der Anwendungsschicht werden anwendungsspezifische Anpassungen durchgeführt.

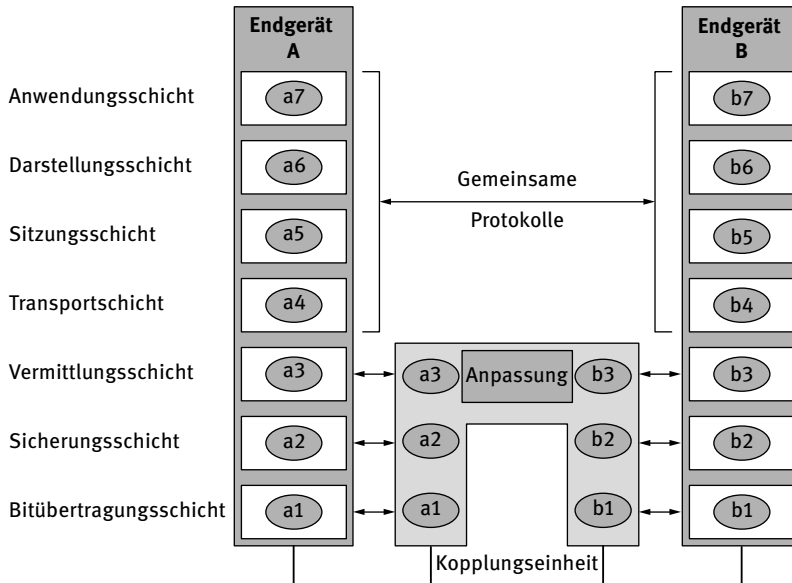


Abb. 12.19: Funktionsweise von Kopplungseinheiten

Die Kommunikation zwischen zwei Datenstationen muss auf jeder Schicht jeweils mit demselben Protokoll erfolgen. Dies gilt sowohl für die Endgeräte als auch zwischen einem Endgerät und einer Kopplungseinheit. Sind an die gleiche *Kopplungseinheit verschiedene Netzwerke mit unterschiedlichen Protokollen* angeschlossen, so muss innerhalb der Kopplungseinheit eine *Anpassung der Protokolle* erfolgen (siehe Abb. 12.19). Verwenden die angeschlossenen Netzwerke *dieselben Protokolle*, so ist *keine Anpassung* notwendig. Je nachdem, auf welcher Ebene die Endgeräte einheitliche Protokolle verwenden, werden *unterschiedliche Typen von Kopplungseinheiten* eingesetzt.



Ein **Hub** (Synonym: *Netzwerkkonzentrator*; engl.: hub) ist eine Kopplungseinheit, an die mehrere Netzwerksegmente angeschlossen werden.

Ein Hub dient als zentraler Verteilerknoten für eine Vielzahl von Verbindungen. Meistens wird der Begriff Hub für einen Repeater in einer sternförmigen Topologie verwendet. Die einfachste Kopplungseinheit ist eine reine Verstärkerstation, der sogenannte *Repeater*.

Ein **Repeater** (engl.: repeater; unübliche deutsche Übersetzung: Signalverstärker) ist eine Kopplungseinheit für die Bitübertragungsschicht. Ein Repeater empfängt elektrische oder optische Signale (Bits) an einem Anschluss und sendet die gleichen Signale an alle weiteren angeschlossenen Netzwerksegmente. !

Um einen Repeater einsetzen zu können, müssen die verbundenen Systeme von der ersten Schicht aufwärts identische Protokolle verwenden. Eine *häufige Anwendung* eines Repeaters ist die *Überbrückung* („Verlängerung“) von *maximalen Kabellängen in einem Gebäude*.

Eine **Netzwerkbrücke** (engl.: bridge) ist eine Kopplungseinheit zur Verbindung von Netzen auf der Sicherungsschicht. Eine Netzwerkbrücke verbindet Netzwerksegmente, indem sie Pakete von einem Netzwerksegment empfängt, prüft und diese in ein oder mehrere andere Netzwerksegmente weiterleitet. !

Eine Netzwerkbrücke kann verwendet werden, um unterschiedliche Realisierungen der Bitübertragungsschicht zu überbrücken. Alle Protokolle inklusive der auf den höheren Schichten (zweite Schicht aufwärts) müssen zwischen den Kommunikationspartnern identisch sein. Da eine Netzwerkbrücke die empfangenen Pakete prüft und nur korrekt empfangene Pakete weiterleitet, kommt es im Gegensatz zu Repeatern zu keiner Propagierung von Fehlern.

Ein typischer Einsatzbereich von Netzwerkbrücken ist der Aufbau von komplexeren lokalen Netzwerken (beispielsweise innerhalb einer Universität), die durch zahlreiche Netzwerksegmente gebildet werden. B

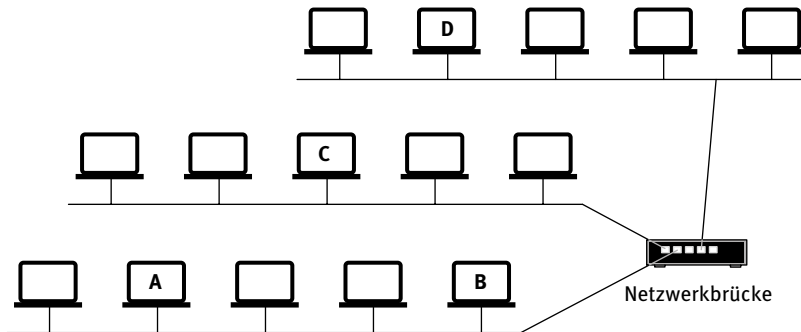


Abb. 12.20: Verbindung dreier Netzwerksegmente mittels einer Netzwerkbrücke

Netzwerkbrücken haben zusätzlich die Eigenschaft, dass sie Netzlasttrennung unterstützen. Das bedeutet, dass nicht jedes empfangene Paket an alle angeschlossenen Segmente weitergeleitet werden muss. Eine Netzwerkbrücke merkt

sich die MAC-Adressen pro Netzwerksegment und leitet Pakete mit bekannten (bereits zuvor aufgetretenen) MAC-Adressen nur an das Segment weiter, in dem sich die Zieladresse befindet. Auf diese Weise kommt es zu einer *Verkehrstrennung* zwischen den Teilsegmenten. Dadurch muss beispielsweise ein Datenstrom zwischen A und B (Abb. 12.20) von der Netzwerkbrücke an kein weiteres Segment gesendet werden, oder ein Datenverkehr von B nach C nur zwischen den beiden betroffenen Segmenten ausgetauscht werden. In beiden Fällen ist das Netzwerksegment von D davon unberührt, auf diesem Segment steht die volle Bandbreite für alle Rechner zur Verfügung, egal wie viele Daten zwischen A, B und C ausgetauscht werden.

Wie bei Repeatern ist auch bei Netzwerkbrücken in der Regel *keine explizite Konfiguration der Hardware* notwendig. Die Brücken „lernen“ selbstständig die MAC-Adressen der angeschlossenen Stationen für die Verkehrstrennung. Pakete mit unbekannten MAC-Adressen oder mit Broadcast-Adressen werden von einer Netzwerkbrücke an alle angeschlossenen Segmente weitergeleitet. Netzwerkbrücken sind neben Routern (nächster Abschnitt) die wichtigsten Kopplungseinheiten in Unternehmensnetzwerken.



Ein **Router** (engl.: router; unübliche deutsche Übersetzung: Wegwahleinheit) ist eine Kopplungseinheit, die auf der Vermittlungsschicht operiert. Die zentrale Aufgabe eines Routers ist die *Wegwahl* (engl.: routing) für Pakete, die über das Netzwerk versendet werden. Router bilden die elementare Infrastruktur des Internets.

Durch einen Router können unterschiedliche Protokolle auf Schicht eins und zwei überbrückt werden. Die Kommunikationspartner müssen aber auf allen höheren Schichten (ab Schicht drei aufwärts) identische Protokolle verwenden. Über einen Router können somit *heterogene Netzwerke der Verbindungsschicht verbunden* werden (beispielsweise ein WLAN mit einem Glasfasernetzwerk).

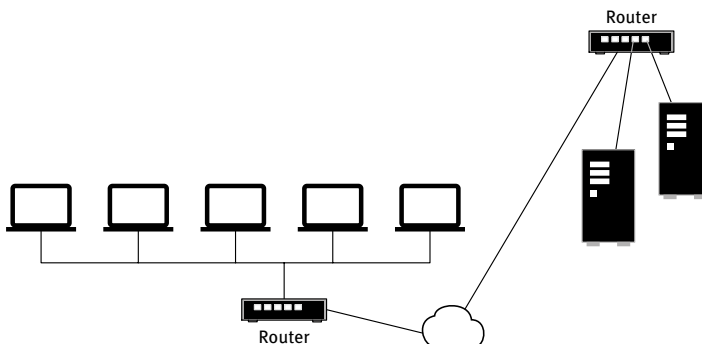


Abb. 12.21: Anbindung von lokalen Netzen an das Internet über einen Router

Ein Router führt die Wegwahl von Datenpaketen in Teilstreckennetzen durch, wofür heute praktisch immer die IP-Adressen herangezogen werden. Ein Router (siehe Abb. 12.21) empfängt ein IP-Paket und stellt anhand einer *Weiterleitungstabelle* (engl.: routing table) fest, an welches angeschlossene Teilnetz Pakete mit der Ziel-IP-Adresse geleitet werden sollen.

Ein *Nachteil von Routern* ist, dass diese (anders als Netzwerkbrücken oder Repeater) konfiguriert werden müssen. Für den Heimanwender gibt es standardmäßig vorkonfigurierte Router, deren Weiterleitungstabelle im Wesentlichen besagt, dass lokaler Verkehr an lokale Segmente geleitet werden soll. Dadurch wird der gesamte weitere Verkehr an den Zugangsprovider geleitet. In komplexeren Netzen gibt es mehrere mögliche Pfade für die Weiterleitung, die sich laufend ändern, wodurch eine deutlich komplexere individuelle Konfiguration erforderlich ist.

Der bei weitem größte Teil der heute eingesetzten Kopplungseinheiten beschränkt sich auf die unteren drei Schichten des ISO/OSI-Referenzmodells. Es ist jedoch ebenso möglich, Kopplungseinheiten einzusetzen, die auf höheren Protokollschichten operieren.

Ein **Anwendungs-Gateway** (engl.: application gateway) ist eine Kopplungseinheit, die unterschiedliche Anwendungsprotokolle überbrücken kann.



Beispiele sind Gateways zwischen unterschiedlichen SMS-, MMS-, Fax- und E-Mail-Systemen.



Die Aufgaben der nächst höheren Schichten des ISO/OSI-Referenzmodells werden im kommenden Abschnitt anhand der Internet-Protokolle diskutiert.

12.3 Internet-Protokolle

Die heute bei weitem *wichtigsten Protokolle auf den Schichten vier bis sieben* sind die *Internet-Protokolle*, die auch als die *TCP/IP-Protokollfamilie* bezeichnet werden (TCP/IP ist die Abkürzung von engl.: transmission control protocol/Internet protocol). Die Internet-Protokolle stellen nur sehr geringe Anforderungen an die unteren beiden (relativ hardwarenahen) Schichten des ISO/OSI-Referenzmodells und haben das Ziel, beliebige *lokale Netze* in einem *globalen Netz* zu integrieren.

Das Internet hat seinen Ursprung im *ARPA Net* (Abkürzung von engl.: Advanced Research Project Agency), das in den 1960er Jahren geschaffen wurde, um die Rechner von US-amerikanischen Forschungseinrichtungen (vorwie-

gend Universitäten) zu verbinden. Diese Entwicklung wurde vom US-amerikanischen Verteidigungsministerium finanziert. Das erste Netz umfasste vier Rechner.

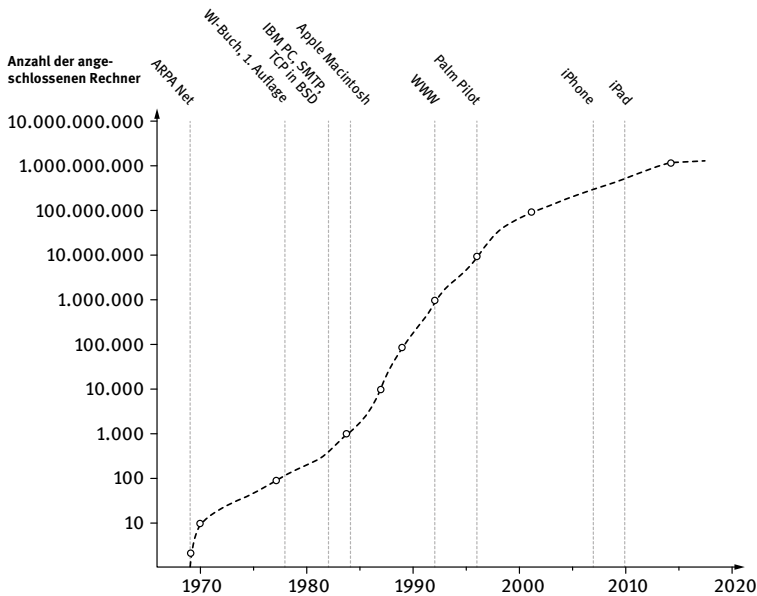


Abb. 12.22: Entwicklung des Internets: Anzahl der angeschlossenen Rechner

Einer der Gründe für den Erfolg des Internets ist die Offenheit der Entwicklung. Während die früheren Herstellerlösungen für Rechnerkommunikation als Firmengeheimnis betrachtet wurden, schufen die liberalen Entwickler des Internets (von manchen als Hippies bezeichnet) eine Infrastruktur, die es allen Interessierten ermöglichte, die Protokolle des Internets zu erweitern und nach ihren Bedarfen zu ergänzen. Internet-Protokolle werden als *RFCs* (Abkürzung von engl.: request for comment, frei übersetzt etwa „Protokollvorschlag“) veröffentlicht und über das Rechnernetzwerk allen potenziellen Entwicklern frei zur Verfügung gestellt. Diese liberale Informationspolitik führte sehr bald zu einem Multiplikationseffekt, da unterschiedliche Forschergruppen auf den Arbeiten von anderen aufbauen konnten und auf diese Weise neue Ideen beisteuern konnten. Heute existieren über 8.000 RFCs, die in ihrer Gesamtheit die Protokollfamilie von TCP/IP beschreiben. Die Anzahl der RFCs erhöht sich laufend.

Diese offene Politik ist auch eng mit der Verbreitung von Open-Source-Software verbunden. Die *TCP/IP-Architektur* fand 1982 durch eine Realisierung im Betriebssystem Unix (konkret Berkeley Unix 4.2BSD) weite Verbreitung. Die

Bekanntheit wurde nicht zuletzt auch dadurch gefördert, dass der Quellcode von Berkeley Unix prinzipiell für jedermann frei verfügbar war. Als Grundlage des Internets erlebte diese Protokollfamilie einen beispiellosen Aufstieg (siehe Abb. 12.22). Allein in den Jahren 1996 bis 2001 hat sich die Zahl der an das Internet angeschlossenen Rechner verzehnfacht, 2014 wurde die Milliardengrenze überschritten. Heute sind auf allen gängigen Plattformen Implementierungen von TCP/IP verfügbar, und es ist als Kommunikationsarchitektur für die Verbindung von Rechnern verschiedener Hersteller nicht mehr wegzudenken.

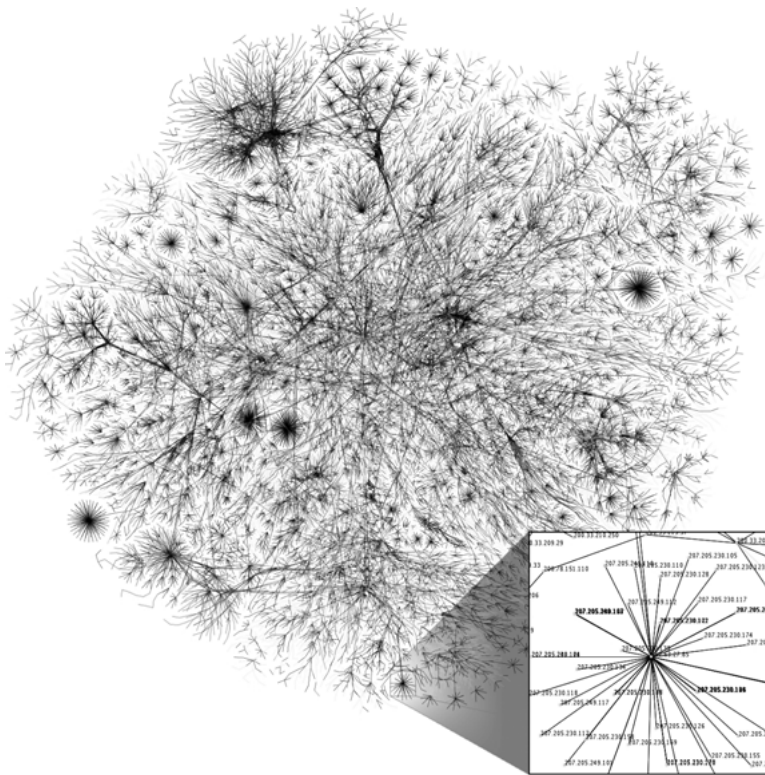


Abb. 12.23: Struktur des Internets (Quelle: Opte Projekt)

Die offene Politik des Internets findet sich auch im freien und gleichberechtigten Zugang wieder, der unter dem Begriff der *Netzneutralität* subsummiert wird.

Unter **Netzneutralität** (engl.: net neutrality) versteht man den offenen Zugang zu einem Rechnernetz und die Gleichbehandlung von allen rechtmäßigen Daten bei der Datenübertragung.



Die US-amerikanische Regulierungsbehörde *FCC* (Abkürzung von engl.: Federal Communications Commission) definiert die Netzneutralität für das Internet durch drei Regeln, die für *rechtmäßige Inhalte, Anwendungen, Dienste* und *unschädliche Geräte* gelten:

- Keine Websperren (Blockieren von Angeboten).
- Keine Tempobremsen (engl.: throttling, Reduktion der Übertragungsrate).
- Keine Bevorzugung des Internet-Verkehrs eines Teilnehmers gegenüber anderen Teilnehmern im Austausch gegen Zuwendungen jeglicher Art.

Diese Regeln sind seit Jahren in Diskussion, wobei gerade große Internet-Dienstanbieter wiederholt ihren Wunsch äußerten, dass ihre Daten (beispielsweise gegen höhere Tarife) bevorzugt behandelt werden.

Das Internet hat die Aufgabe, lokale Netze, die unter der Autonomie von verschiedensten Betreibern administriert werden, die möglicherweise unterschiedliche LAN-Protokolle und unterschiedliche Arten von Adressen nutzen, zu einem Ganzen zusammenzufügen. Wenn man das Internet als Graph darstellt, bei dem die Knoten Rechner und die Kanten Teilstrecken darstellen, so gelangt man zu einer Struktur wie in Abb. 12.23 dargestellt. Diese Struktur ist natürlich nur eine Momentaufnahme, da laufend Rechner hinzugefügt oder entfernt werden, neue Verbindungen hergestellt oder entfernt werden.

12.3.1 Schichtenmodell von TCP/IP

Vielfach werden in der Öffentlichkeit die Begriffe *Internet* und *WWW* (Abkürzung von engl.: World Wide Web) synonym verwendet. Das ist falsch. Das WWW ist mit seinem zugrundeliegenden Protokoll *HTTP* eines von mehreren tausend Internet-Protokollen und wurde erst zu einem Zeitpunkt entwickelt, an dem es das Internet bereits seit 20 Jahren gab (siehe Abb. 12.22). Das HTTP-Protokoll liegt auf der Anwendungsschicht und verwendet auf der Transportschicht das Protokoll *TCP*, das wiederum auf der Vermittlungsschicht auf dem Protokoll *IP* aufbaut. Die beiden letztgenannten Protokolle spielen bei sehr vielen Internet-Protokollen eine zentrale Rolle, weshalb die Internet-Protokollfamilie auch vielfach als TCP/IP bezeichnet wird.

Das Schichtenmodell von TCP/IP ist eine Vereinfachung des sieben-schichtigen ISO/OSI-Referenzmodells und definiert Protokolle in „nur“ drei Schichten. Dies hat zwei Gründe: TCP/IP definiert die unteren beiden Schichten nicht und fasst zudem die obersten drei Schichten des ISO/OSI-Referenzmodells zu einer Anwendungsschicht zusammen (siehe Abb. 12.24).

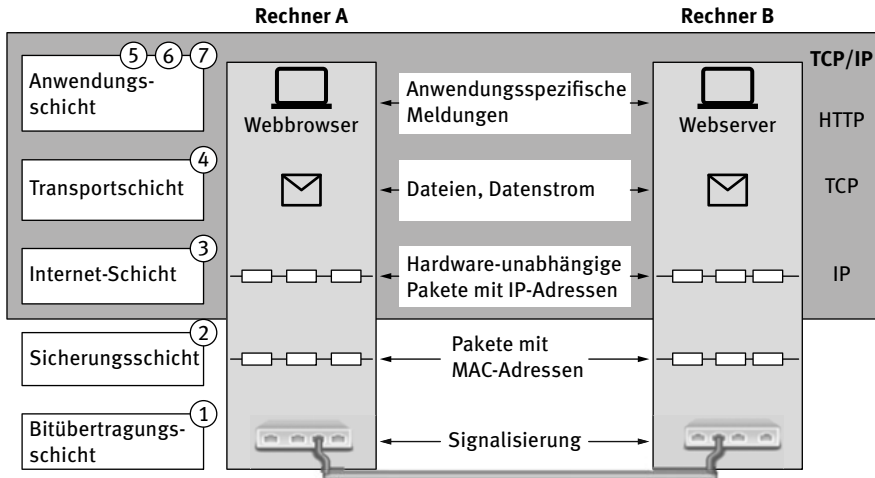


Abb. 12.24: Schichtenmodell von TCP/IP

- Die **Internet-Schicht** (engl.: Internet layer) von TCP/IP erfüllt die Aufgaben der Vermittlungsschicht des ISO/OSI-Referenzmodells. Durch das IP-Protokoll wird festgelegt, wie Pakete hardwareunabhängig und unabhängig von den Eigenschaften/Limitationen der Protokolle auf Schicht zwei ausgetauscht werden können, und wie weltweit eindeutige Internet-Adressen – die IP-Adressen – aufgebaut sind. Diese Adressen dienen auch als Basis der Wegwahl im Internet.
- Die **Transportschicht** (engl.: transport layer) enthält das zweite Kernprotokoll der Internet-Protokolle: TCP (Abkürzung von engl.: transmission control protocol). Durch TCP wird Anwendungen ein verlässliches, verbindungsorientiertes Protokoll zur Verfügung gestellt.
- Auf der **Anwendungsschicht** (engl.: application layer) werden Protokolle für Kommunikationsanwendungen definiert. Dazu gehören beispielsweise SMTP (Abkürzung von engl.: simple mail transfer protocol), FTP (Abkürzung von engl.: file transfer protocol) oder HTTP (Abkürzung von engl.: hypertext transfer protocol), welches wie erwähnt die Grundlage des WWW bildet.

Die genannten Protokolle sind nur einige der wichtigsten Vertreter, neben denen noch zahlreiche weitere Protokolle auf allen Schichten existieren.

12.3.2 Protokolle der Internet-Schicht

Die Protokolle der Internet-Schicht erfüllen zwei Hauptaufgaben: einerseits stellen sie eine hardware-unabhängige Form der Weiterleitung von Datenpaketen in heterogenen Netzwerken bereit, andererseits realisieren sie die Wegwahl auf Teilstreckennetzen. Die vielfältigen Protokolle der Verbindungsschicht unterstützen unterschiedliche Formen von MAC-Adressen und weisen unterschiedliche Einschränkungen bezüglich Paketlängen auf. Wenn auf unterschiedlichen Teilstrecken andere Grenzwerte existieren, müssen auch diese behandelt werden.



Alle Datenstationen in einem Netzwerk benötigen eine eindeutige **Netzwerkadresse** (engl.: network address), die bei heterogenen Netzen von der physischen Adresse abweicht. Die Netzwerkadressen im Internet heißen **IP-Adressen** (engl.: IP address).

Pragmatisch gesehen ist eine IP-Adresse eine *Rechneradresse*. Wenn ein Rechner A zu einem anderen Rechner B Daten übertragen möchte, von dem er nur die IP-Adresse kennt, so muss A eine MAC-Adresse ermitteln, zu der er die Daten schicken kann, da die physische Datenübertragung immer über MAC-Adressen erfolgen muss.



Die Ermittlung von MAC-Adressen für IP-Adressen erfolgt über das **ARP-Protokoll** (Abkürzung von engl.: address resolution protocol). Dabei verschickt die sendewillige Station einen Broadcast im lokalen Netz, mit dem sie die MAC-Adresse erfragt. Ist die Zieladresse im lokalen Netz, so antwortet der Zielrechner. Ist der Rechner in einem anderen lokalen Netz, so antwortet der Vermittlungsknoten, der die Weiterleitung für die Daten übernimmt.

Abb. 12.25 zeigt die beiden unterschiedlichen Fälle. Wenn A an die IP-Adresse von B Daten verschicken möchte, kann B direkt auf diesen Broadcast antworten. Möchte A an die IP-Adresse von C Daten verschicken und C liegt in einem anderen Teilnetz, so antwortet der Vermittlungsknoten R1 mit seiner MAC-Adresse, die dann von A für die Verschickung von Daten an C genutzt wird.

IP-Adressen sind vergleichbar mit Telefonnummern und zeichnen sich durch ihre technischen Eigenschaften aus, sind aber für Menschen nur beschränkt geeignet. Der Mensch merkt sich symbolische Namen wie „google.com“ oder „amazon.de“ besser als Zahlenfolgen. Diese symbolischen Namen heißen *Domainnamen* (engl.: domain name). Generell können für eine IP-Adresse kein, ein oder mehrere Domainnamen registriert werden. Auch umgekehrt können für einen symbolischen Namen mehrere IP-Adressen registriert werden.

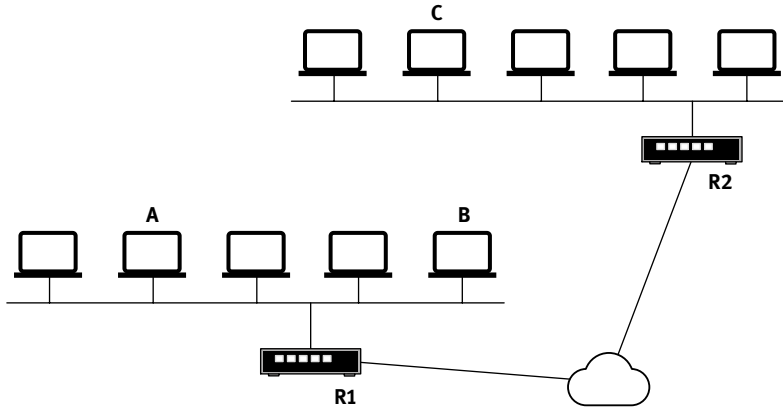


Abb. 12.25: ARP-Protokoll

Die *Abbildung von IP-Adressen auf symbolische Adressen* erfolgt über den Internet-Dienst *DNS* (Abkürzung von engl.: domain name service). Der zugrundeliegende Server ist ein Verzeichnisserver, der für Domainnamen IP-Adressen ermitteln kann und umgekehrt.

Der *Aufbau von IP-Adressen* ist versionsabhängig unterschiedlich. Die heute am weitesten verbreitete Version der Internet-Protokolle ist die Version 4 (abgekürzt: IPv4). Die nächste Generation der Internet-Protokolle ist die Version 6, auf die wir etwas später eingehen werden.

Bei IPv4 besteht eine **IP-Adresse** aus einer Bitfolge von 32 Bit (4 Bytes). IP-Adressen werden üblicherweise mithilfe von vier durch Punkte getrennte Dezimalzahlen geschrieben (32 Bit = 4×8 Bit). Der Wertebereich für jede dieser vier Zahlen liegt zwischen 0 und 255.



So hat beispielsweise der *Webserver* der *Wirtschaftsuniversität Wien* die IPv4-Adresse 137.208.2.10 und besitzt den Domainnamen „www.wu.ac.at“. Diese IP-Adresse entspricht folgender Bitfolge: 10001001 11010000 00000010 00001010.



IP-Adressen besitzen einen Aufbau, der einerseits die Weiterleitung von Paketen im Internet erleichtert, und der andererseits einen Kompromiss zwischen lokaler Flexibilität und hinreichender Regelung für die einfache Verwaltung von IP-Adressen erleichtert. Deshalb werden bei IPv4 die 32 Bits in einen rechnernetz- und einen rechnerspezifischen Bereich geteilt (siehe Abb. 12.26). Es werden bei IPv4 *fünf verschiedene Typen von IP-Adressen* (die sogenannten *Adressklassen*) unterschieden. Die Unterscheidung der Adressklassen A bis C erfolgt je nach Länge der Netzadresse, die Adressklasse D ist für Mehrpunktadressen, die Adressklasse E ist reserviert. Die Netzadresse dient dazu, ein Teilnetz

des Internets global zu finden. Die Netzadresse ist somit für die Wegwahl entscheidend und muss deshalb auch global registriert werden. Die Rechneradresse hingegen kann von einem lokalen Netzwerkadministrator (beispielsweise in einem Unternehmen, einer Universität) frei vergeben werden, ohne dass eine globale Registrierung notwendig ist. Dies zeigt, dass die Architektur der Internet-Protokolle viel Wert auf lokale Autonomie legt und nur jene Bereiche reguliert, für die dies zwingend notwendig ist.

B

Bei einem IPv4-Netz mit der Adressklasse A stehen 7 Bits für die Netzadresse zur Verfügung (siehe Abb. 12.26). Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass es weltweit nur maximal 128 global sichtbare Klasse-A-IP-Netzwerke geben kann. Während in einem IP-Netzwerk mit Adressklasse A 2^{24} (über 16 Millionen) Rechner gleichzeitig angeschlossen sein können, sind dies bei einem Netz der Adressklasse C nur maximal 2^8 (256) Rechner, dafür können 2^{21} (über 2 Millionen) dieser Netze registriert werden. Alle Zahlen sind theoretische Maximalwerte, jeweils abzüglich reservierter Adressen für beispielsweise Broadcast. Einige Teilbereiche des Adressraums sind für spezielle Aufgaben reserviert. So sind die Adressblöcke 10.*.*., 172.16.*.* – 172.31.*.*, 192.168.*.* für *private Netzwerke* reserviert, die auch getrennt vom öffentlichen Internet funktionsfähig sind (das Zeichen „*“ steht hier für beliebige Werte zwischen 0 bis 255).

Da IPv4-Adressen eine Länge von 32 Bits aufweisen, bedeutet dies, dass weltweit maximal 2^{32} (etwa 4,3 Milliarden) Adressen vergeben können. Durch Adressklassen und reservierte Bereiche können diese Adressen nicht lückenlos vergeben werden, sodass inzwischen weltweit ein Engpass an IPv4-Adressen existiert.

B

Im Jahr 2015 hat die ARIN (Abkürzung von engl.: American Registry for Internet Numbers) verkündet, dass in den USA keine (weiteren) IPv4-Adressen mehr verfügbar sind, solange keine weiteren zurückgelegt werden.

Abb. 12.27 zeigt die prognostizierte Entwicklung der Anzahl von Geräten, die an das Internet angeschlossen sind. 35 Milliarden an das Internet angeschlossene Geräte sind auf Grund der Adressbeschränkungen mit IPv4 nicht machbar. IPv6 (Internet-Protokolle in der Version 6) verbessert diese Situation substanziell, indem für eine IP-Adresse 128 Bits vorgeschrieben sind. Dies bedeutet, dass die mögliche Anzahl von IPv6-Adressen 2^{128} beträgt, das sind 340 Sextillionen ($3,4 \cdot 10^{38}$) Adressen. Da die Erdoberfläche (inklusive der Meere) 510 Millionen km^2 beträgt, können bei IPv6 theoretisch pro mm^2 der Erdoberfläche etwa $6.665 \cdot 10^{17}$ (über 666 Billionen) Adressen vergeben werden. IPv6-Adressen werden als Hexadezimalzahlen angegeben, wobei nach jeweils 32 Bits ein Doppelpunkt geschrieben wird. Führende Bytes, die nur aus Nullwerten bestehen, können weggelassen werden.

0	8	16	24	32
Adressklasse A				
0	Netzadresse (7 Bits)		Rechneradresse (24 Bits)	
0-127				
Adressklasse B				
10	Netzadresse (14 Bits)		Rechneradresse (16 Bits)	
128-191				
Adressklasse C				
110	Netzadresse (21 Bits)			Rechneradresse (8 Bits)
192-223				
Adressklasse D				
1110	Mehrpunktadressen			
224-239				
Adressklasse E				
1111	reserviert			
240-255				

Abb. 12.26: Klassifikation von IPv4-Adressen

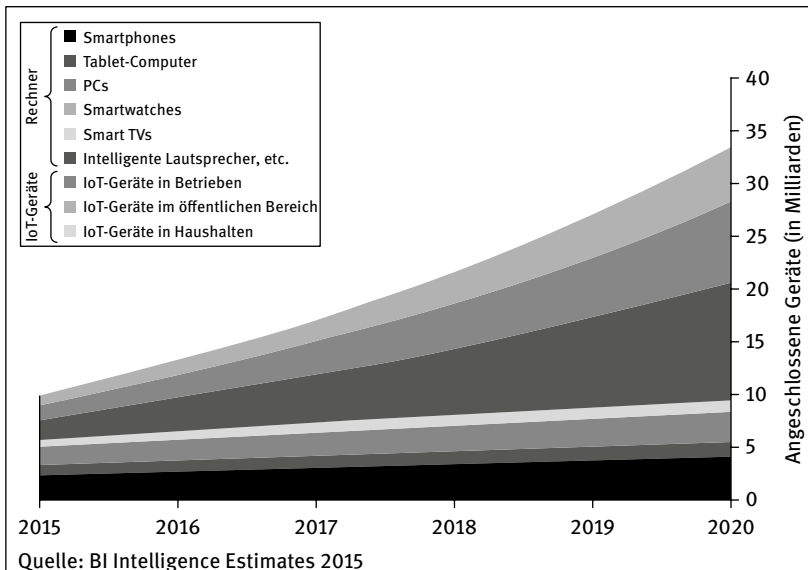


Abb. 12.27: Prognose der an das Internet angeschlossenen Geräte (Quelle: Business Insider Intelligence)

B

Die aktuelle IPv4-Adresse von facebook.com ist 31.13.84.36, die IPv6-Adresse ist 2a03:2880:f107:83:face:b00c::25de.

!

Jedes **IP-Paket** ist ein *Datagramm* (das heißt, es ist mit Absender- und Zieladresse versehen) und besteht aus einem *Kopfteil* (engl.: header), der Steuerinformation enthält, und aus einem *Nutzdatenbereich* (engl.: payload).

Der Kopfteil eines IPv4-Pakets umfasst 20 Bytes und enthält neben der Absender- und Zieladresse die Versionsnummer, eine Prüfziffer (für den Kopfteil), die Längenangabe des Nutzdatenbereichs, einen Indikator für das Transportprotokoll, ein Datenelement zur Bestimmung der verbleibenden „Lebenszeit“ und einige weitere Felder.

Die Versionsnummer wird im ersten Byte gespeichert und hat unter IPv4 den Wert 4. Da die Versionsnummer Bestandteil des Datenpakets ist, können unterschiedliche IP-Versionen auf einem Netzwerk koexistieren und entsprechend unterschiedlich verarbeitet werden.

Die *Paketlänge* umfasst zwei Bytes. Folglich beträgt die maximale Paketlänge 2^{16} (= 65.536) Bytes. Das *Datenelement für die Lebenszeit* wird beim Verschieken eines Pakets mit einer positiven ganzen Zahl initialisiert und bei jeder Weitergabe über Vermittlungsknoten um eins reduziert. Erreicht dieser Zähler den Wert 0, so wird das Paket gelöscht (die Lebenszeit ist abgelaufen). Durch diesen Schritt kann verhindert werden, dass IP-Pakete „ewig“ im Internet „kreisen“. Um zudem die fehlerfreie Übertragung der Daten zu überprüfen, wird die *Prüfziffer des Kopfteils* bei jeder Weitergabe eines IP-Pakets über einen Vermittlungsknoten neu berechnet und mit der übertragenen Prüfziffer verglichen.

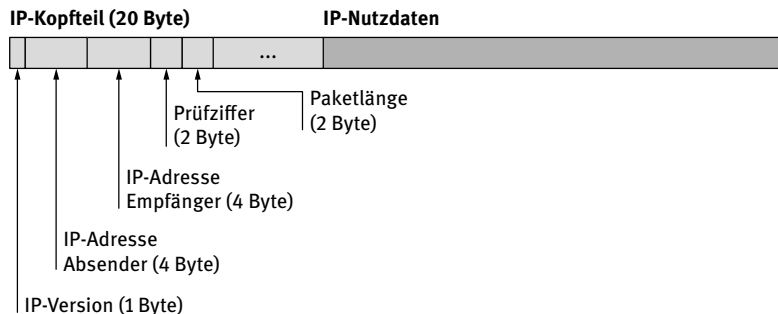


Abb. 12.28: Schematischer Aufbau von IPv4-Paket

Bei IPv6 ist ein IP-Paket ähnlich aufgebaut, allerdings beträgt die Länge des IP-Kopfteils teilweise bedingt durch die längeren Adressen 40 Bytes. Die Prüfziffer entfällt bei IPv6.

12.3.3 Protokolle der Transportschicht

Das wichtigste Internet-Protokoll auf der Transportschicht ist TCP, das für viele Kommunikationsanwendungen wie beispielsweise WWW, E-Mail, Dateitransfer usw. genutzt wird.

TCP (Abkürzung von engl.: transmission control protocol) ist ein Protokoll der Transportschicht und stellt darauf aufsetzenden Anwendungen ein *verlässliches, verbindungsorientiertes Protokoll* zur Verfügung. !

Im Internet ist es durchaus möglich, dass IP-Pakete in einer anderen Reihenfolge am Zielort ankommen, als sie abgeschickt worden sind. TCP implementiert eine *Flusssteuerung mit Fenstermechanismus*, bringt Pakete in die richtige Reihenfolge und fordert gegebenenfalls verloren gegangene IP-Pakete nochmals an. Deshalb spricht man von einem *verlässlichen Protokoll*. Der Begriff „verbindungsorientiert“ bedeutet, dass zwischen den Kommunikationsendpunkten zunächst eine Verbindung aufgebaut wird, bevor die eigentlichen Daten in beide Richtungen ausgetauscht werden können. Danach wird die Verbindung wieder abgebaut.

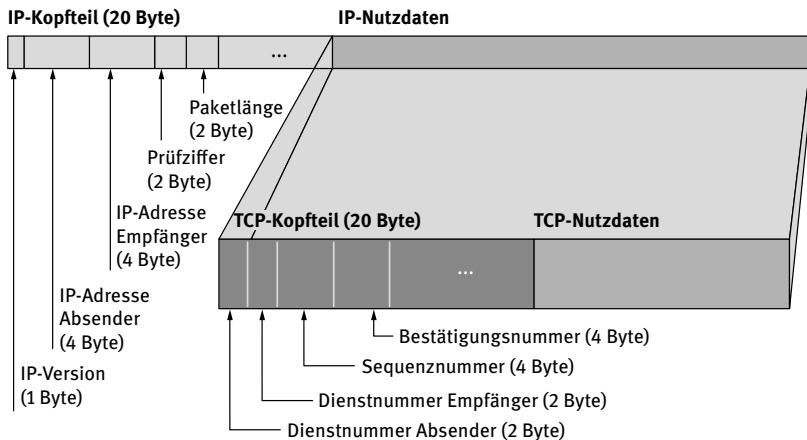


Abb. 12.29: Schematischer Aufbau von TCP-Paketen

Während über IP Datenstationen (Rechner) adressiert werden, werden über TCP Dienste (Server- oder Klientenprogramme) auf diesen Rechnern adressiert. Dies ist notwendig, da auf einem Rechner gleichzeitig mehrere Server- oder Klientenprogramme laufen können.

! Eine **Dienstnummer** (engl.: port) dient bei den Protokollen der Transportschicht zur Adressierung der Kommunikationspartner (Server- oder Klientenprogramm) auf den jeweiligen Rechnern. Die Dienstnummer von TCP hat eine Repräsentationsgröße von 16 Bits.

Weitere wichtige Steuerdaten von TCP sind neben der Dienstnummer für Sender und Empfänger die Sequenz- und Bestätigungsnummern, die für den Fenstermechanismus notwendig sind. TCP-Pakete werden über die Nutzdaten von IP übertragen. Es ist hierbei unerheblich, ob dies über die Nutzdaten von IPv4 oder IPv6 erfolgt.

B Beachten Sie, dass auch IP-Pakete in den Nutzdaten der Protokolle auf der Sicherungsschicht übertragen werden. Soll beispielsweise ein Byte an Nutzdaten über TCP und IPv6 übertragen werden, so beträgt der Overhead 60 Bytes plus den Overhead der unteren Schichten (siehe Abb. 12.30 und Abb. 12.15).

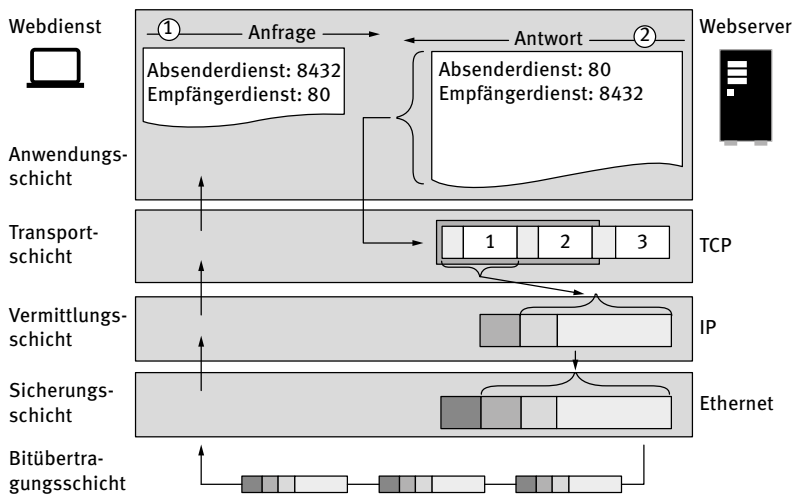


Abb. 12.30: HTTP-Verbindung zwischen Klient und Server mit Dienstnummern

Die *Dienstnummern* haben somit die Aufgabe, eine konkrete Instanz eines Programms zu adressieren. Je nachdem, ob dieses Programm ein Server oder ein Klient ist, haben diese Dienstnummern einen unterschiedlichen *Verwendungszweck*:

- Dienstnummern werden von einem Klienten verwendet, um einen Dienst auf einem Rechner (lokal oder entfernt) zu adressieren.
- Ein Server, der einem Klienten auf eine Anfrage antwortet, verwendet die Dienstnummer des Klienten, die er vom Verbindungsaufbau kennt.

Möchte beispielsweise ein Webbrowser (Klient) von einem Webserver eine Webseite abrufen, so muss er sich zu der IP-Adresse des Webserver und dort zu einer Dienstnummer verbinden, unter der der Server Anfragen entgegennimmt. Die standardmäßige Dienstnummer für Webserver ist 80. Umgekehrt antwortet der Server an die Dienstnummer des Klienten, die er vom Verbindungsaufbau kennt (siehe Abb. 12.30). Die Klientendienstnummer wird vom Betriebssystem dynamisch vergeben.

B

12.3.4 Protokolle der Anwendungsschicht

Während die unteren Schichten werkzeugkastenartig Dienste mit austauschbaren Komponenten anbieten, stellt die Anwendungsschicht Kommunikationsdienste zur Verfügung, die sich für die Nutzung von spezialisierten Anwendungsprogrammen eignen. Unter anderem sind das Dienste wie Dateitransfer, E-Mail oder HTTP, wobei wir letzteren Dienst als Beispiel für die allgemeine Funktionsweise heranziehen.

Das Protokoll **HTTP** (Abkürzung von engl.: hypertext transfer protocol) ist ein Protokoll der Anwendungsschicht und definiert die (grundlegende) Kommunikationsfunktionalität des WWW. HTTP wird durch RFC 7230-7235 definiert und verwendet auf der Transportschicht das Protokoll TCP. Das Akronym **HTTPS** (Abkürzung von engl.: hypertext transfer protocol secure) steht für die Übertragung von HTTP über TLS, welches für die Transportverschlüsselung und die Authentifizierung des Servers sorgt und auf TCP beruht.

!

Der Begriff *World Wide Web* (WWW) wurde 1989 von Tim Berners-Lee geprägt. Das WWW ist ein über das Internet abrufbares System, das verlinkte Text- und Multimediadokumente (Webressourcen) zur Verfügung stellt und auf einer Client-Server-Architektur beruht. Die Kerndefinitionen des WWW sind die Spezifikationen von HTML als Präsentationssprache und HTTP als Kommunikationsprotokoll.

B

Wenn Sie beispielsweise von einem Webbrowser auf ein Dokument im WWW zugreifen wollen, benötigen Sie zunächst eine Möglichkeit, dieses zu adressieren. HTTP definiert für diesen Zweck einen eigenen Adressierungsmechanismus, der *URI* genannt wird.

Ein **URI** (Abkürzung von engl.: uniform resource identifier) ist ein standardisierter Bezeichner für Webressourcen (eine Webadresse) und ist entweder ein Verweis auf einen Ort, an dem die Ressource gespeichert ist (engl.: uniform resource locator, abgekürzt: *URL*) oder ein symbolischer Name für eine prinzipiell beliebige Ressource (engl.: uniform resource name, abgekürzt: *URN*). Die meisten heute verwendeten URIs sind URLs.

!

B

Der URL für das Dokument, das das Protokoll HTTP definiert (RFC 7230), ist beispielsweise `https://tools.ietf.org/html/rfc7230`. Der erste Teil des URL („https“) besagt, dass die Übertragung verschlüsselt erfolgen soll. Das angeforderte Dokument liegt auf einem Rechner mit dem Domainnamen „tools.ietf.org“ und ist dort unter „/html/rfc7230“ gespeichert. Generell kann in dem URL nach diesen Angaben noch eine *Anfrage* angegeben werden, die durch ein Fragezeichen vom Pfad getrennt ist. Zusätzlich kann optional noch ein *Anker* angegeben werden, der es ermöglicht, in einem Dokument an eine Stelle zu springen (durch „#“ von dem vorigen Teil getrennt).

Für jede TCP-Verbindung ist eine Dienstnummer notwendig. Wenn in einem URL keine Dienstnummer angegeben ist, wird automatisch die standardmäßige Dienstnummer angenommen. Ein Webbrowser ermittelt zunächst aus dem in dem URL angegebenen Domainnamen die entsprechende IP-Adresse und stellt zu dieser eine TCP-Verbindung her. Bei der Nutzung von HTTPS werden die Daten verschlüsselt übertragen. Über diese Verbindung sendet der Webklient eine Meldung, die eine Ressource anfordert, und erhält als Antwort vom Server Statusinformation und die entsprechenden Daten (siehe Abb. 12.31).

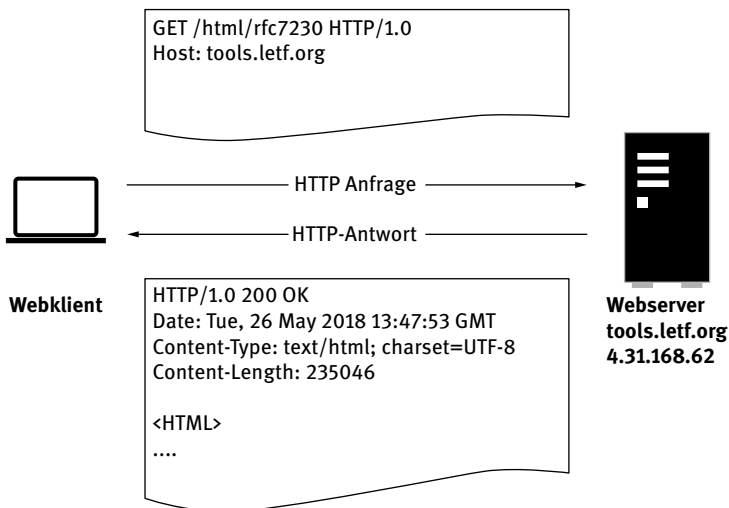


Abb. 12.31: HTTP-Anfrage und HTTP-Antwort

Die Abbildung skizziert die Funktionsweise von HTTP. Der RFC 7230 definiert HTTP als ein Client-Server-Protokoll, bei dem ein Webklient (meist ein Webbrowser) Anfragen an einen Webserver schickt, die von diesem beantwortet werden. Im Gegensatz zu den Protokollen IP und TCP, bei denen die Steuerinformation binär übertragen wird, erfolgt die Kommunikation bei HTTP im Klartext in der Form von *Textmeldungen*.

Jede **HTTP-Meldung** (engl.: HTTP message) besteht aus einem *Kopfteil* (engl.: header), einer *Trennzeile* (engl.: separator line) und einem *Nutzdatenteil* (engl.: body). Der Kopfteil der Meldung enthält die Steuerinformation. 

Eine HTTP-Meldung ist entweder eine *HTTP-Anfrage* oder eine *HTTP-Antwort*, die jeweils mit einer erforderlichen Kopfzeile beginnt, auf die weitere optionale Parameter folgen können. Die Kopfzeile enthält dabei Information, die für jede Meldung notwendig ist, und die Parameter enthalten optionale Zusatzinformation über die Codierung, Authentifikation, Zeit- und Größenangaben usw. Über diese optionalen Parameter werden unter anderem auch Cookies übertragen (mehr dazu später).

Eine **HTTP-Anfrage** (engl.: HTTP request) besteht aus einer Kopfzeile, optionalen *Anfrageparametern* (engl.: request header field) und einem Nutzdatenteil, der auch leer sein kann. Die Kopfzeile der HTTP-Anfrage enthält die **HTTP-Methode** (engl.: HTTP method), einen Bezeichner für die angeforderte Ressource und die Bezeichnung der verwendeten Version des HTTP-Protokolls. 

Die Kopfzeile der HTTP-Anfrage in Abb. 12.31 beginnt mit „GET“, das ist eine sogenannte HTTP-Methode. RFC 7231 definiert sieben HTTP-Methoden, von denen „GET“ die wichtigste ist. Durch die GET-Methode fordert ein Klient das Dokument an, welches nach „GET“ in der Kopfzeile angegeben ist. Am Ende der Kopfzeile nimmt „HTTP/1.0“ auf die verwendete Version von HTTP Bezug.

Je nach HTTP-Methode können nach der Kopfzeile unterschiedliche *Anfrageparameter* angegeben werden. In obigem Beispiel wird nur der Anfrageparameter „Host“ angeführt, der dem Webserver kommuniziert, unter welchem Namen er angesprochen wurde. Derselbe Server kann prinzipiell, je nachdem welcher Wert in diesem Anfrageparameter übergeben wird, unterschiedliche Dokumente liefern (man spricht hierbei von *virtuellen Webservern*).

Eine **HTTP-Antwort** (engl.: HTTP reply) besteht aus einer Kopfzeile, optionalen *Antwortparametern* (engl.: reply header field) und einem Nutzdatenteil, der auch leer sein kann. Die Kopfzeile der HTTP-Antwort enthält die Protokollversion, die der HTTP-Server unterstützt, gefolgt von einem Statuscode und einer Statusmeldung (textuelle Beschreibung des Statuscodes). 

Der *Statuscode* der Antwort teilt dem Klienten mit, ob die gewünschte Operation durch den Server ausgeführt werden konnte, und gibt dem Webklienten Aufschluss über die anschließend einzuleitenden Operationen. HTTP unterscheidet im Wesentlichen zwischen *Erfolgsmeldungen*, *Warnungen*, *fehlerhaften*

Anfragen und serverseitigen Fehlern. Über den Statuscode kann ein Webserver beispielsweise den Webklienten automatisch auf eine andere Seite weiterleiten, oder mitteilen, dass eine Anfrage ungültig ist (wenn beispielsweise eine angefragte Ressource nicht (mehr) auf dem Server verfügbar ist), oder dass bei der Abarbeitung einer korrekten Anfrage ein Fehler aufgetreten ist (siehe Tab. 12.2).

In der HTTP-Antwort in Abb. 12.31 werden als Antwortparameter *Date*, *Content-Length* und *Content-Type* verwendet. Der erstgenannte Parameter enthält den Zeitpunkt, an dem die Anfrage beantwortet wurde. Der Antwortparameter *Content-Length* besagt, wie viele Bytes der Nutzdatenteil enthält und *Content-Type* teilt dem Klienten mit, welchen Inhalt der Nutzdatenteil besitzt. Im konkreten Beispiel ist dies ein HTML-Text (der Wert ist *text/html*).

	Statuscode	Statusmeldung	Beschreibung
Erfolgsmeldungen:	200	OK	Erfolgreiche Ausführung
Warnungen:	301	Moved Permanently	Ressource wurde auf Dauer an einen anderen Ort verschoben
	302	Moved Temporarily	Ressource wurde temporär an einen anderen Ort verschoben
	304	Not Modified	Ressource wurde nicht verändert (bei bedingter Anfrage)
Ungültige Anfragen:	400	Invalid Request	Ungültige Anfragesyntax
	401	Unauthorized	Benutzer ist nicht berechtigt
	402	Payment Required	Zahlung notwendig
	403	Forbidden	Zugriff ist nicht möglich
	404	Not found	Angefragte Ressource konnte nicht gefunden werden
Fehler des Servers:	500	Internal Server Error	Fehler auf Serverseite

Tab. 12.2: HTTP-Statuscodes

Die gültigen Werte für den *Content-Type*-Parameter sind durch den *MIME-Standard* (Abkürzung von engl.: multipurpose Internet mail extension) definiert, durch den beispielsweise Text-, Grafik- und anwendungsspezifische Datenformate beschrieben werden. Anhand der MIME-Formatangaben kann ein Webbrowser erkennen, wie die empfangenen Nutzdaten angezeigt werden sollen. Als wesentliche Optionen kommen hier die Anzeige durch den Webbrowser

und die Anzeige durch ein *browserexternes Hilfsprogramm* (engl.: external viewer) in Betracht.

Beispiele für MIME-Formatangaben sind: text/html, text/plain, image/png, image/jpeg oder application/pdf.

B

Die mit Abstand am *häufigsten verwendete HTTP-Methode* ist *GET*, mit der Dokumente von einem Webserver abgerufen werden können. Mittels weiterer HTTP-Methoden können auch Antwortparameter ohne Dokument abgefragt werden (Methode HEAD), Daten von einem Klienten zu einem Server hochgeladen werden (Methoden PUT und POST) oder Dokumente auf dem Server gelöscht werden (Methode DELETE, siehe Tab. 12.3).

HTTP-Methode	Kurzbeschreibung
GET	Anforderung einer Ressource
HEAD	Anfrage der Steuerinformation ohne Nutzdaten
PUT	Abspeichern einer Ressource auf dem Server
POST	Übertragung von Benutzerdaten vom Klienten zum Server
DELETE	Löschen einer Ressource auf dem Server

Tab. 12.3: Wichtigste HTTP-Methoden

RFC 7230 definiert HTTP als ein zustandsloses Protokoll. Dies bedeutet, dass jede einzelne HTTP-Anfrage in Isolation (unabhängig von früheren Anfragen) behandelt werden kann. Das heißt, dass für jede Anfrage nur die Information relevant ist, die mit der Anfrage übertragen wurde. Wenn also ein Benutzer sich auf einem webbasierten Informationssystem anmelden möchte, so wird dies nicht direkt von HTTP unterstützt, da der Webserver nach einer Anmeldung auf Grund der Zustandslosigkeit bei späteren Anfragen nicht weiß, dass sich der Benutzer früher angemeldet hat. Folglich muss die Anmeldeinformation bei späteren Anfragen vom Klienten mitgeschickt werden. Dies erfolgt meist über HTTP-Cookies, anhand derer der Webserver einen Benutzer wiedererkennen und feststellen kann, dass dieser beispielsweise bereits angemeldet ist.

Ein **HTTP-Cookie** (engl.: HTTP cookie) ist eine Zeichenfolge, die vom Webserver beim Webklienten gespeichert wird und bei späteren Anfragen vom Webklienten automatisiert übertragen wird.

!

Abb. 12.32 zeigt einen Dialog zwischen einem Webserver und einem Webklienten, bei dem der Klient im Schritt 1 den Webserver `www.wu.ac.at` besucht und dieser im Schritt 2 ein HTTP-Cookie beim Klienten über Antwortparameter setzt. Im Schritt 3 (und folgenden) wird das Cookie wieder an den Server über Anfrageparameter übertragen.

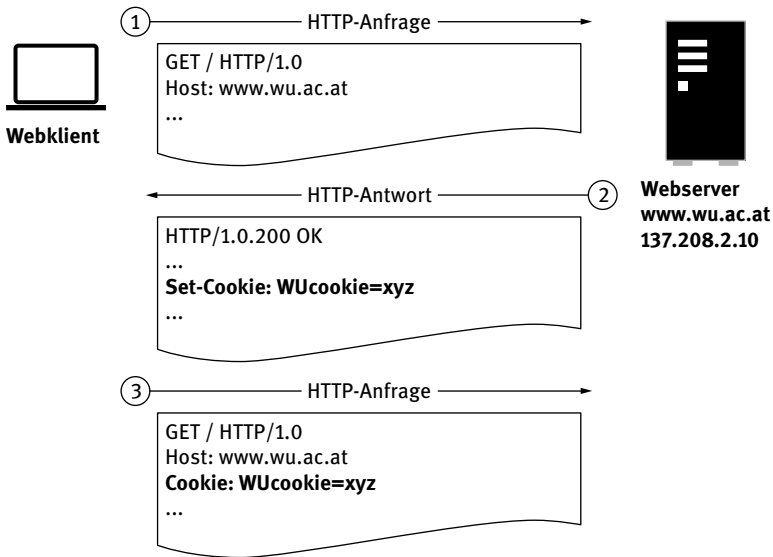


Abb. 12.32: HTTP-Dialog mit HTTP-Cookies

Beim Setzen des Cookies kann der Webserver eine *Gültigkeitsdauer*, einen *Pfad* (retourniere das Cookie für alle Seiten der Website oder für einen Unterbereich) und eine *Domain* angeben (liefern dieses Cookie beispielsweise für alle Rechner in der Domain „wu.ac.at“ aus). Ein Server kann die Domain des Cookies aus Sicherheitsgründen immer nur auf die eigene Domain des Netzes setzen (beispielsweise kann ein Rechner in der Domain „wu.ac.at“ kein Cookie für „com“ setzen). Die bis dato beschriebenen Funktionen, bei denen Cookies direkt von der besuchten Website gesetzt werden (man spricht hierbei von *Erstanbieter-Cookies*) sind sicherheitstechnisch unbedenklich. Über diese Cookies können Anmeldedaten verwaltet, Webangebote personalisiert und Benutzerpräferenzen verwaltet werden.

Problematisch sind *Cookies von Drittanbietern* (engl.: third party cookie), die die *Verfolgung* (engl.: tracking) von Endbenutzern ermöglichen, auch wenn der Benutzer nie direkt die Website des Anbieters besucht hat. Wenn ein Benut-

zer beispielsweise eine Website (A) besucht, die Inhalte vom Drittanbieter (C) inkludiert (beispielsweise Werbefbanner), so werden bei der Darstellung der Seite nachgelagerte HTTP-Anfragen zur Website des Drittanbieters gestellt, die bei der Beantwortung der Anfragen Cookies setzen kann. Besucht nun der gleiche Benutzer eine weitere Website (B), die ebenso Inhalte vom Drittanbieter (C) inkludiert, so kann (C) feststellen, wann der Benutzer auf Website (A) und (B) gewesen ist. Einige Webbrowser bieten explizite Sperrregeln für Cookies von Drittanbietern, die allerdings durch kooperierende Websitebetreiber (beispielsweise A, B und C) unterwandert werden können, wenn diese Erstanbieter-Cookies weitergeben. Juristische Abhilfe schafft die geplante ePrivacy-Verordnung (Stand 2018), die besagt, dass Browser über eine datenschutzfreundliche Voreinstellung verfügen müssen, die keine Benutzerverfolgung zulässt.

12.4 Internet-Anwendungen und Cloud-Computing

Die Internet-Protokolle umfassen eine Vielzahl von Anwendungsprotokollen, die vom beschriebenen HTTP-Protokoll über Protokolle für Dateitransfer, Musik- und Videostreaming, Zustellung von E-Mails an E-Mail-Server, Zugriff über E-Mail-Klientenprogramme, Dateiservices, Drucken von Dateien bis zur Konfiguration von Diensten und Verzeichnisservern reichen. In vielen Fällen werden höhere Anwendungsdienste auf Basis von Protokollen realisiert, die nicht für diese Zwecke entwickelt wurden. Viele IoT-Dienste nutzen heute HTTP, um beispielsweise Kaffeemaschinen oder Lichtsysteme in Privathaushalten anzusteuern, den Reifendruck am Auto abzufragen, den Status einer Lieferung oder die Temperatur einer Kühlbox abzufragen. HTTP-Server sind heute allgegenwärtig, nicht zuletzt auch deshalb, weil sie leicht zu implementieren sind und diese Dienste auch über Webbrowser abfragbar sind.

12.4.1 Client-Server- und Peer-to-Peer-Architekturen

HTTP und die meisten anderen Anwendungsprotokolle realisieren eine Client-Server-Architektur. Dies bedeutet, dass ein Dienstanutzer (Klient) Anfragen an einen Dienstanbieter (Server) schickt, der diese beantwortet. Bei diesem Modell geht die Initiative immer vom Klienten aus, der Dienstanbieter kann nur auf Anfragen reagieren (siehe Abb. 12.33). Klient und Server sind nicht gleichgestellt. Eine Folge dieser Architektur ist, dass klientenseitig und serverseitig unterschiedliche Software zum Einsatz kommt.

! Eine **Peer-to-Peer-Architektur** (engl.: peer to peer architecture, abgekürzt: P2P) realisiert ein Modell von gleichgestellten Rechnern (engl.: peer), bei denen die Kommunikation jederzeit von jedem beliebigen Partner initiiert werden kann. Dienste können von jedem Rechner angeboten und in Anspruch genommen werden.

B Die Peer-to-Peer-Architektur wurde durch Filesharing-Dienste (wie beispielsweise *BitTorrent*) bekannt und gewinnt beispielsweise durch die Verbreitung von *Bitcoin* und Anwendungen des IoT zunehmend an Bedeutung.

Die Rechner eines Peer-to-Peer-Systems bilden ein *logisches Netzwerk* (auch *Overlay-Netz* genannt, engl.: overlay net) von kooperierenden Rechnern, über die Dienste wie beispielsweise Suche realisiert werden.

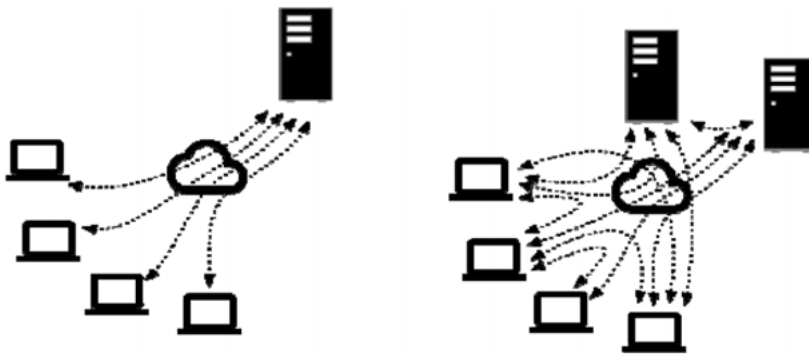


Abb. 12.33: Client-Server- und Peer-to-Peer-Architektur

In vielen Peer-to-Peer-Systemen werden Ressourcen zwischen den Peers laufend ausgetauscht, wodurch das Gesamtsystem gegenüber Ausfällen einzelner Rechner robuster wird. Durch die redundante Speicherung von Information kann diese von mehreren Quellen bezogen werden. Auch wenn ein Server stillgelegt wird, ist das System weiter funktionsfähig. Dies ist eine Eigenschaft, die auch für *kritische Infrastrukturen* sehr interessant ist. Als Nachteil von Peer-to-Peer-Systemen kann gesehen werden, dass die Rechenleistungen der Peers meist geringer als die von dedizierten Servern sind, oder dass die Verbindungsqualität zu den Peers oft schlechter ist.

12.4.2 Internet-Anwendungen

Wie erwähnt basieren derzeit die meisten Internet-Anwendungen auf HTTP (beziehungsweise HTTPS, das ist HTTP über eine verschlüsselte Transportschicht).

Wir betrachten in der Folge zwei Anwendungsszenarien, eines für die Nutzung von Internet-Anwendungen im privaten Haushalt und eines für die betriebliche Nutzung.

Abb. 12.34 zeigt die Nutzung über ein privates Netz in einem Haushalt. Alle Endgeräte sind über WLAN zu einem Zugangspunkt verbunden, der die Verbindung zum Internet realisiert. Die Endgeräte, zwei Notebook-PCs und ein Smartphone haben vom Zugangspunkt IPv4-Adressen im privaten Netzwerk 10.*.*.* erhalten. Der Zugangspunkt ist gleichzeitig ein Router, der vom Internet-Dienstanbieter die öffentliche IPv4-Adresse 194.166.14.11 erhalten hat. Bei Verbindungen nach außen werden die IP-Adressen aus dem privaten Netzwerk auf die öffentliche Adresse abgebildet. Der Benutzer des Notebook-PCs mit IP-Adresse 10.0.0.21 liest über einen Webbrowser den RFC 7230, in dem die Funktionsweise von HTTP beschrieben wird, über den URL <http://tools.ietf.org/html/rfc7230>. Über den Verzeichnisdienst DNS ermittelt der Browser am Notebook-PC aus dem Rechnernamen die IPv4-Adresse 4.31.198.62. Mittels Wegwahl werden die Pakete an diese IP-Adresse vom Notebook-PC an den Router geschickt, der diese weiter an den Zugangsdienstleister sendet. Auch auf der Seite des Servers ist ein Router installiert, der hier verkleinert dargestellt wird. Auf der Transportschicht wird vom Webklienten eine TCP-Verbindung zum Zielrechner hergestellt, über die die HTTP-GET-Anfrage verschickt wird. Der Webserver antwortet auf der gleichen TCP-Verbindung mit einem Statuscode, der den Erfolg ausdrückt und sendet den Text des RFC-Dokuments an den Klienten.

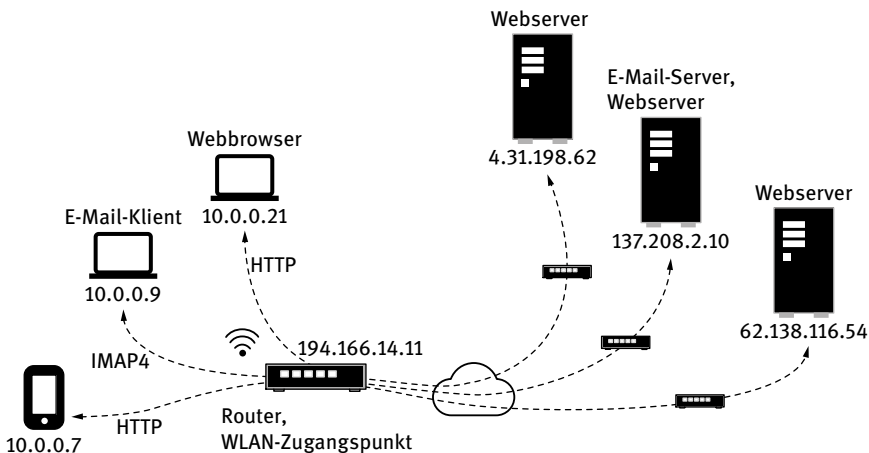


Abb. 12.34: Nutzung von Web- und E-Mail-Diensten von privaten Haushalten

Der Benutzer des Smartphones (10.0.0.7) verwendet eine App, um eine Wirtschaftszeitschrift zu lesen. Diese App wurde von der Wirtschaftszeitschrift be-

reitgestellt. Der Zugang von dieser App zum Server der Zeitschrift erfolgt ebenso über HTTP (obwohl der Benutzer keinen Browser zum Lesen verwendet). Es erfolgen im Wesentlichen die gleichen Kommunikationsschritte wie im ersten Fall.

Der Benutzer des Notebook-PCs mit der IP-Adresse 10.0.0.9 verwendet ein E-Mail-Klientenprogramm (engl.: mail user agent) namens *Thunderbird*. Dieses Programm greift auf den konfigurierten E-Mail-Server über das Anwendungsprotokoll IMAP4 zu. Nachdem die IP-Adresse des E-Mail-Servers ermittelt wurde (hier 137.208.2.10), öffnet Thunderbird eine TCP-Verbindung zu dem Server (gleicher Schritt wie bei HTTP). Die über diese Verbindung ausgetauschten Meldungen haben einen anderen Aufbau als bei HTTP, da einem Benutzer über IMAP andere Möglichkeiten geboten werden. Ein Benutzer kann zwischen mehreren Postfächern wechseln, einzelne E-Mails ansehen, diese als gelesen markieren oder löschen, am E-Mail-Server Suchoperationen starten usw.

12.4.3 Cloud-Computing

Das zweite Szenario zeigt ein Beispiel der betrieblichen Nutzung von Internet-Anwendungen, bei dem der Betrieb für seine betriebliche Leistungsverrichtung auf eine Informationsinfrastruktur im Internet zugreift. Es sind natürlich auch viele weitere Nutzungsszenarien möglich.



Unter **Cloud-Computing** (engl.: cloud computing) versteht man die Nutzung von meist mehreren Servern, die von externen Dienstleistern über das Internet bereitgestellt werden, um dort Daten zu speichern, zu verwalten oder zu verarbeiten, ohne hierfür lokale Rechner verwenden zu müssen. Auf diese Weise können auch betriebliche Anwendungsdienste auf diesen Rechnern im Internet (in der „Cloud“) genutzt werden.

Es existieren von unterschiedlichen Anbietern verschiedene Bezeichnungen, die Einzelaspekte herausstreichen. Der Begriff des *Utility-Computing* betont den Versorgungsaspekt. Ähnlich wie Strom, Wasser und Gas (engl. Sammelbegriff: utility) benötigt werden, können so Rechendienstleistungen bereitgestellt werden, ohne dass sich der Nutzer um die Bereitstellung kümmern muss. Der Begriff *On-Demand-Computing* betont den Aspekt, dass ein Anwender bei wachsender Nachfrage schrittweise die Kapazitäten in der Cloud erhöhen oder senken kann, ohne dass die Ressourcen in einem betriebseigenen Rechenzentrum für die geschätzten Maximalwerte ausgelegt werden müssen. Man spricht hierbei von *Selbstbedienung* (engl.: self service) und *Skalierbarkeit* (engl.: scalability) in der Cloud.

Durch das Auslagern von Dienstleistungen an professionelle Dienstleister können prinzipiell über Skaleneffekte Kosten reduziert werden (siehe auch Abschnitt über Outsourcing in Kapitel 2). Ein Nachteil dieser Auslagerung ist allerdings, dass dadurch die oft sensiblen Daten über Geschäftsfälle und Projekte bei Dritten (oft auch in Ländern mit anderen gesetzlichen Regelungen) gespeichert werden. Aus diesem Grund wurden zahlreiche Mischformen entwickelt, bei denen Cloud-Dienste auf der öffentlichen Infrastruktur („Public Cloud“), auf einer Infrastruktur einer gemeinsamen Organisation („Community Cloud“), auf einer Infrastruktur für einen einzelnen Anwender („Private Cloud“) oder in Mischformen öffentlicher und privater Ausprägungen („Hybrid Cloud“) angeboten werden oder bei denen auch unterschiedliche Cloud-Dienste gebündelt werden können („Multi Cloud“).

Eigene Ressourcen		IaaS		PaaS		SaaS	
Anwendungssoftware	Entwicklungssoftware	Anwendungssoftware	Entwicklungssoftware	Anwendungssoftware	Entwicklungssoftware	Anwendungssoftware	Entwicklungssoftware
Infrastruktursoftware		Infrastruktursoftware		Infrastruktursoftware		Infrastruktursoftware	
Systemsoftware		Systemsoftware		Systemsoftware		Systemsoftware	
Hardware		Hardware		Hardware		Hardware	

 Externer Dienstleister

Abb. 12.35: Dienstleistungsmodelle für Cloud-Computing

Je nachdem, welche Leistungen durch Cloud-Computing erbracht werden, unterscheidet das US-amerikanische *NIST* (Abkürzung von: National Institute of Standards and Technology) folgende Dienstleistungsmodelle:

- **Software-as-a-Service** (Abkürzung: SaaS): Der Dienstleister stellt Anwendungsfunktionalität über ein Webinterface oder eine Programmierschnittstelle zur Verfügung. Im Regelfall hat der Anwender keinen Einfluss auf den Betrieb und die Realisierung der bereitgestellten Anwendungsdienste, kann diese aber in gewissem Umfang konfigurieren.
- **Platform-as-a-Service** (Abkürzung: PaaS): Der Dienstleister stellt eine Plattform zur Verfügung, auf der ein Anwender die eigene Anwendungssoftware installiert und am Rechner des Dienstleisters betreibt. Der Anwender behält die vollständige Kontrolle über die Anwendungssoftware, verwendet aber standardisierte Softwarekomponenten (Entwicklungssoftware, Middleware, Softwarebibliotheken, Betriebssystem), die vom Dienstleister bereitgestellt und gewartet werden. Im Regelfall hat der Anwender die Verantwortung über die Anwendungssoftware und verfügt über die Möglichkeit der Konfiguration der Plattformkomponenten.

- **Infrastructure-as-a-Service** (Abkürzung: IaaS): Der Dienstleister bietet grundlegende Dienste an (beispielsweise Rechenleistung in Form von virtuellen Maschinen, Speicher- oder Nachrichtendienste, Netzwerkdienste), die vom Anwender genutzt werden können. Es existieren hierfür unterschiedliche Ausprägungen, wobei auch vielfach Teilleistungen erbracht werden. Im Regelfall hat der Anwender Verantwortung über das Betriebssystem, die Datenspeicherung und die Anwendung.

Der Zugriff auf die in der Cloud bereitgestellten Ressourcen erfolgt über die Internet-Protokolle. Auf manche Dienstleistungen können Anwender über einen Browser zugreifen, doch in den meisten Fällen müssen die Dienstleistungen direkt in das Anwendungssystem über Programmierschnittstellen eingebunden werden. Man spricht hierbei von *Webservices*, auf die meist über HTTP/HTTPS zugegriffen wird. Die entsprechende Programmierschnittstelle wird über ein *API* (Abkürzung von engl.: application program interface) definiert, die Anfragen werden vielfach in XML, JSON über eine *REST*-Schnittstelle (Abkürzung von engl.: representational state transfer) ausgetauscht, über die das HTTP-Protokoll für *Maschine-zu-Maschine-Kommunikation* (engl.: machine to machine communication, abgekürzt: M2M) genutzt werden kann. In diesem Modell ist der Webklient kein Webbrowser, sondern ein Anwendungsprogramm.

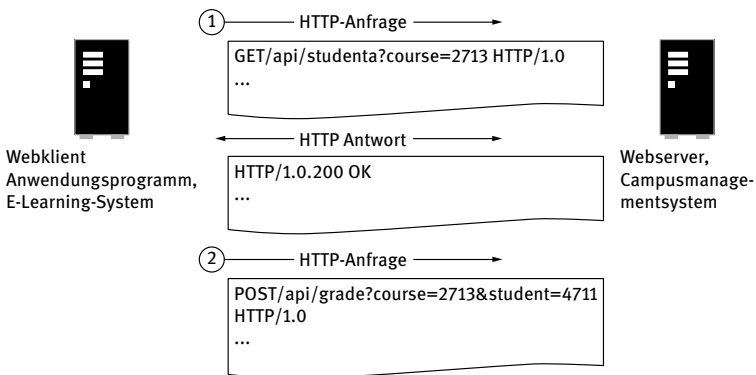


Abb. 12.36: Maschine-zu-Maschine-Kommunikation über REST

Abb. 12.36 zeigt die Nutzung von Anwendungsdiensten über eine REST-Schnittstelle. In dem dargestellten Beispiel ist der Webklient ein E-Learning-System, das Kursmitgliedschaften von einem (internen) Campusmanagementsystem abfragt. Letzteres stellt unter anderem ein Anmeldesystem und die Notenverwaltung zur Verfügung. Bei der ersten HTTP-Anfrage ermittelt das E-Learning-System Mitgliedschaften für einen Kurs, bei der zweiten Abfrage wird eine Note

für einen Studierenden vom E-Learning-System im Campusmanagementsystem eingetragen.

In gleicher Form sind beliebige Cloud-Dienstleistungen nutzbar. So bietet beispielsweise *AWS (Amazon Web Services)* die Cloud-Dienstleistungen *S3 (Amazon Simple Storage Service, Speicherdienst)*, *Glacier* (Archivierungsdienst) und *EC2 (Amazon Elastic Compute Cloud, Rechenleistung)* über eine REST-Schnittstelle an.

B

Die wichtigsten Punkte

1. Die Datenkommunikation stellt die Grundlage der heutigen Kommunikationsinfrastruktur dar. Mittels Datenkommunikation erfolgt persönliche Kommunikation (Telefonie, Kurznachrichtendienste), öffentliche Kommunikation (Informationsangebote im Web, digitales Fernsehen) sowie geschäftliche Kommunikation (E-Commerce, B2B, B2C und B2G).
2. Protokolle regeln die Kommunikation ausgehend von der Punkt-zu-Punkt-Kommunikation (beispielsweise zwischen einem Rechner und einer an diesen angeschlossenen Festplatte) bis zur Kommunikation in Rechnernetzen (Internet).
3. Zur Strukturierung dieser vielfältigen Aufgaben hat sich das ISO/OSI-Referenzmodell mit seinen sieben Schichten durchgesetzt, wobei die unterste Schicht die physikalischen Eigenschaften für die Übertragung und Codierung einzelner Bits regelt, und die höheren Schichten zunehmend anwendungsnähere Aufgaben regeln.
4. Die Kommunikation im Internet erfolgt mittels TCP/IP, wobei der heute am weitesten verbreitete Standard IPv4 ist (Version 4 der Internet-Protokolle). Die nächste Generation der Internet-Protokolle ist IPv6, deren Protokolle seit vielen Jahren definiert sind. Der Einsatz von IPv6 bietet dem Endbenutzer vorerst relativ wenige Vorteile und erfordert die Anpassung von Konfigurationen. Da die Verfügbarkeit von IPv4-Adressen laufend abnimmt, ist anzunehmen, dass IPv6 in den kommenden Jahren zunehmend an Bedeutung gewinnen wird.
5. Durch Cloud-Computing ist es möglich, Rechen- und Kommunikationsaufgaben an externe Dienstleister auszulagern, wodurch informationstechnische Dienste auch ohne den Betrieb und die Wartung von eigenen Rechnern und deren Betriebssystemen angeboten und genutzt werden können. Cloud-Computing ermöglicht Selbstbedienung und unterstützt Skalierbarkeit.



Übungs- und Lehrmaterialien zu diesem Kapitel finden Sie im Web über den abgebildeten QR-Code. Richten Sie Ihre Smartphone- oder Tablet-Kamera auf das nebenstehende Bild, um zu den Inhalten zu gelangen.

Literatur

- C. Eckert: IT-Sicherheit. Konzepte – Verfahren – Protokolle, 10. Aufl., De Gruyter, Berlin 2018.
- B. A. Forouzan, S. C. Fegan: TCP/IP Protocol Suite, 4. Aufl., McGraw-Hill Higher Education, New York, N.Y. 2009.
- S. Reinheimer (Hrsg.): Cloud Computing: Die Infrastruktur der Digitalisierung, Springer Vieweg, Wiesbaden 2018.
- J. F. Kurose, K. W. Ross: Computer Networking: A Top-Down Approach, 7. Aufl., Pearson, Harlow, Essex 2016.
- W. Stallings: Data and Computer Communications, 10. Aufl., Pearson, Andhra Pradesh 2013.
- A. Tanenbaum, D. Wetherall: Computer Networks, 5. Aufl., Pearson, Harlow, Essex 2013.

Sachregister

Seitenzahlen, die im Sachregister in Fettdruck gesetzt sind, verweisen auf Textstellen, an denen der betreffende Begriff ebenso in Fettdruck gesetzt ist. Dies sind meist Definitionen oder Überschriften. In ähnlicher Form werden Verweise auf Textstellen dargestellt, an denen der betreffende Begriff im Fließtext in kursiver Schrift hervorgehoben ist. Dies sind meist Erklärungen zum Verständnis oder zur Abgrenzung des Begriffs. Seitenzahlen, die mit einem einfachen „f“ abgeschlossen werden, bedeuten, dass der Begriff auch auf der Folgeseite erwähnt wird. Folgt auf die Seitennummer ein „ff“, kommt der Begriff auf mehreren Folgeseiten vor.

1:1-Beziehung 158, 474
1:1-Marketing 24, 28, 263
1:n-Beziehung 158, 309, 474
2FA → Zweifaktorauthentifizierung
3-D-Design 27
4G 570
5G 570
7-Bit-ASCII **450 ff**
8-Bit-Farbtiefe 451
8-Bit-Zeichensatz 449, 452f
10-Gigabit-Ethernet 575
10-Mbit-Ethernet 584
14-nm-Transistor 516
16-Bit **527**
32-Bit 453, **527 ff**
40-nm-Technik 524
64-Bit **527 ff**
64-Bit-Verarbeitungsbreite 527
180-nm-Technik 524
]project-open[**346**

A

A/D-Wandler → Analog-digital-Umwandlung
ABC-Klassifikation 249
Abfallwirtschaft 192
Abfrage 8, 123, 306, 308, 464, 466, 469,
477ff, 488, 496ff, 616
Abfragesprache 475, 477, **487 ff**, 495
Abfragesystem 250, 282, 302, **308**, 324
Abgasgrenzwert 67
Abhängigkeit **471f**, **547**
–, funktionale **471f**
–, Inklusions- 471, **472**
–, Internet- 64

–, Programmiersprachen- 481
–, Projekt- 350
Abhörsicherheit 574
Abhörskandal 381
Ablauflogik 551
Ablauforganisation 135, 151, 342
Ablaufsteuerung 540
Abnahmetest 370
Abonnent 223
Abrechnung 22, 75, 177, 277, 409
–, Gehalts- 168, 191
–, Provisions- 177
–, Verkaufs- 9, 24f, 59, 350
Abrechnungsbezirk 79
Absatz 204, 212, 216ff, 225, 277, 287, 295,
311, 313, 402
Absatzbereich 314, **315**
Absatzhelfer 207, 254
Absatzinformationssystem → Marketing-
informationssystem
Absatzkanal 248, 254, 262ff, 364
Absatzmarkt 29, 188, 213, 219
Absatzmittler 43, 221, 254, 256, 262,
264
Absatzplanung 201, 313
Absatzprofil 287
Absatzprognose 273, 286, 313
Absatzstatistik 308
Absatzsteigerung 265
Absatzweg 204, 257
Absatzwirtschaft → Marketing
Abschirmung 574
Abschöpfungsstrategie 261
Absenderadresse 584f, 602
Absolute Kennzahl 311f
Absorption 185

- Abstraktion 10, 109 ff, **133 f**, 142, 144, 160, 511, 549
 Abwicklungsphase 215, 217 f, 239
 Accenture 47
 Achtkernprozessor 514
 ACID-Eigenschaft 464 f, 473, 497 f, 554
 ACID-Prinzip 465
 ACK-Zeichen 588 f
 Ad-hoc-Befragung 252
 Ad-hoc-Kommunikation 108
 Ad-hoc-Workflowsystem 122
 Adapter 523
 –, Netzwerk- **564**, 585
 Address Resolution Protocol 594, 598
 Adernpaar 574
 Administration 8, 177, 189, 191, 204, 275, 418
 Adobe 307
 Adresse 55, 159 f, 170, 417, 461, 470, 486, 517, 581, 585, 596 ff, 613
 –, öffentliche 406, 408, 613
 –, physische 598
 –, symbolische 598 f
 Adressierung 457, 581, 583, 585, 604
 –, Broadcast- **585**
 –, Mehrpunkt- 585
 –, Punkt- **585**
 –, Speicher- 507
 Adressklasse 599 ff
 Adressraum 528, 600
 Adserver 266
 Advanced Encryption Standard 397
 Advertorial 267
 AES → Advanced Encryption Standard
 Affiliate Marketing 268
 Agent → Softwareagent
 Agentensystem 284
 Aggregation **456 f**, 481
 Aggregationsebene 311
 Agile Unified Process 368, 373
 Agiles Entwicklungsprozessmodell 368, **372 f**
 AI → Künstliche Intelligenz
 AIX 550
 Aktion 25, 317, 328, 342, 392, 394, 464
 Aktionsraum 80, 253 f
 Aktionsreihenfolge 358
 Aktivität 152 ff, **352**
 Aktivitätseliminierung 118
 Aktivitätsfolge 119
 Akteur 100, 120
 Aktualisierung 329, 348, 379, 419, 464, 497 f, 517
 Akustische Information 439
 Akzeptanz 122, 234, 357
 Akzeptanzfaktor 427
 Akzeptanztest **362**, 378
 Algebra 478
 Algorithmus 84, 232, 265, 284, **285 f**, 293 f, 298, 393, 397, 406, 501, 538
 Alibaba 46, 307
 Alleinstellungsmerkmal 72
 Allgemeines Register → Allzweckregistern
 Allzweckregister 526
 Alphabet 46, 439, 450
 Alphaversion **359 f**
 Altersunterschied 63
 Altgerät 66
 Altsystem 176, 179, 365, 549
 ALU 505, 526
 Am Körper tragbare Rechner 5, 532
 Amazon 19, 26, 29, 32, 42, 46, 56, 72 ff, 223, 237, 258, 307, 348, 389, 396, 438, 493 f, 537, 617
 Amazon Elastic Compute Cloud 617
 Amazon Marketplace 19, 29, 74
 Amazon Pay 237
 Amazon Prime 73, 223
 Amazon Simple Storage Service 617
 Amazon Web Service 56, 73, 75, 348, 537, 617
 Amazon-Cloud 494
 Amazon-Go 25, 35
 American Productivity and Quality Center 107
 Ampelfarbe 309, 457
 Ampelfarbencodierung 314
 Amplitude 565, **567 f**
 Amplitudenmodulation 567 f
 Analog-digital-Umwandler 510
 Analog-digital-Umwandlung 439
 Analoge Daten 45, **439**
 Analoges Signal **440**, 510

- Analyse **340f**, 412
 - , Anforderungs- 136, 356, 368
 - , Assoziations- **290**
 - , Bilanz- 325
 - , Cluster- 249, 289, 302, 319
 - , Customer-Lifetime-Value- 249
 - , Daten- 177, 250, 302, 304, 307, 495f
 - , E-Mail- 291
 - , Faktoren- 249
 - , Finanz- 322, **323**
 - , Humankapital- 322
 - , Ist- 322
 - , Klickstrom- 291
 - , Krypto- 397
 - , Kundenabwanderungs- 294
 - , Lieferketten- 277
 - , Multidimensionale Daten- 302
 - , OLAP- 316
 - , Portfolio- 249, 325
 - , Prozess- 91, 102, 112, **114**, 135
 - , Regressions- **286f**
 - , Risiko- 54, 59, 370
 - , Sentiment- 294
 - , Sprachstil- 294
 - , Stärken-Schwächen- 325
 - , Stimmen- 395
 - , System- 82, 111
 - , Szenario- 295
 - , Ursachen- **50**, 312
 - , Verkaufs- **317f**
 - , Warenkorb- 290, 317
 - , Wertbeitrags- **114f**
 - , Wirkungs- **50**
 - , Zeitreihen- 288, 311
- Analyseinstrument 317
- Analysesystem 302, **303**
- Analysewerkzeug 316
- Analysezweck 126, 309
- Analytics 177, 277, 283, 311, **321f**
- Analytisches Anwendungssystem 280, **320f**
- Analytisches CRM **250f**
- Anbieter
 - , Dienst- 348f, 611
 - , Dritt- 194, **610f**
 - , Internet- 221, 234f, 307, 493
 - , IT- 81
 - , Software- 176, 179
 - , Suchmaschinen- 232
 - , Zugangs- 227
- Änderungsmanagement 338
- Änderungswunsch 350, 353, 365, 368
- Änderungszyklus 145
- Android 63, 417, 550
- Anfangsmarkierung 484f
- Anforderung 188
 - , Bestell- 323
 - , funktionale 357
 - , Qualitäts- 357
 - , Wartungs- 350
- Anforderungsanalyse 136, 356, 368
- Anforderungsdefinition 353, 366
- Anforderungsprofil 189
- Anforderungsspezifikation 352, **356**, 359
- Anfrageparameter 607, 610
- Angebotsauswahl 92
- Angebotskurve 247
- Angebotstransparenz 257
- Angreifer 387ff, 413ff
- Angriff 42, 69, 350, 381ff, 394, **413ff**
 - , DDoS- 389, 407
 - , Denial-of-Service- **389f**
 - , DoS- → Denial-of-Service-Angriff
 - , gezielter 386, **413f**
 - , Phishing- 388
 - , Seitenkanal- **413f**
 - , Slow-Read- 390
 - , Tag-Null- **413**
 - , Überflutungs- 389f
 - , Verteilter Denial-of-Service- 389
 - , Wasserloch- 414
- Angriffsmuster 415, 418
- Angriffsszenario 388
- Anhaltspunkt 323, 341
- Animation 513
- Anker **460**, 606
- Ankunftsrate 116
- Anlagenbuchhaltung 106, 110, 168, 175, 181
- Anonyme Ressource 492
- Anonymisierung 248
- Anpassbarkeit 348
- Anpassung **135**, **171ff**
- Anreizfunktion 312
- Anreizsystem
 - , kollektives 238

- Anschaffungskosten 4, 179
- ANSI X.12 275
- ANSI-SPARC-Dreischichtenmodell **466f**
- Anspruch 29, 81f, 99, 107, 113, 213, 392, 397, 409f, 612
- , überprüfbarer 409
- Anspruchsprüfung 410
- Antenne 576
- Antivirusprogramm 419
- Antwortparameter 607ff
- Antwortzeit 124, 272, 316, 389, 465, 550
- Anweisung 83, 362, 442, 455, 512ff, 538, 542f
- Anweisungsüberdeckungstest 362
- Anwendergemeinde 345
- Anwendungs-Gateway **593**
- Anwendungsarchitektur 340
- Anwendungsdienst 176, 611, 614ff
- Anwendungsentwickler **83**, 85, 103f, 462f
- Anwendungsentwicklung 342
- Anwendungsfunktion 172, 178
- Anwendungskomponente 167ff, 176f, 546
- Anwendungsprogramm → Anwendungssoftware
- Anwendungsprotokoll 582, 593, 611, 614
- Anwendungsschicht 582, **584**, 589f, 596, **597**, 604, **605**
- Anwendungssoftware 537
- , branchenspezifische → Branchensoftware
- , proprietäre 165
- Anwendungssystem 86, 166, 169, 280, **320f**, 463, 467, 616
- , analytisches 280, **320f**
- Anwendungsszenario 130, 613
- Anwendungsunabhängigkeit 468
- Apache 345f, 495, **496**
- Apache-Foundation 495
- API → Application Program Interface
- APL 453
- App 29, 31, 41, 63, 76, 175, 428, 490, 557, 594, 613f
- App Store 31, 223
- Apple 31, 46, 54, 63, 223, 237, 261, 299
- Apple Pay 237
- Application Program Interface 616
- Application Service Provision 392
- Applikation → Anwendungssoftware
- APQC → American Productivity and Quality Center
- APS-System **201f**
- Arbeit **57**
- Arbeitsgruppe 15, 579
- Arbeitsmarkt 44, 213
- Arbeitsplatz 149
- Arbeitsplatzbeschaffung **57f**
- Arbeitsplatzrechner 532, **534f**, 580
- Arbeitsplatzverlust 55ff, **58**
- Arbeitsspeicher 178, 311, 457, 465, 495, **509ff**, 518, 520, 523, 526ff, 538ff, 550ff
- , realer 553
- , virtueller 553f
- Arbeitsspeicheradresse 457
- Arbeitsspeicherindizierung 316
- Arbeitsspeicherlatenz 528
- Arbeitsspeicherverwaltung 550, **552**, 554
- Arbeitsteiligkeit 27
- Arbeitszeiterfassung 191
- Arbeitszeitüberwachung 428
- Architektur 142, **169**, **323**, 372, 547
- Architektur von Informationssystemen 142, 333, 339, 376
- Architektur
 - , Anwendungs- 340
 - , Chip- 521
 - , CISC- **508**
 - , Client-Server- **168**, 605, **611f**
 - , Datenbank- 501
 - , Entscheidungs- **282**, 302
 - , Geschäftsprozess- 339
 - , Informations- **142**, 169
 - , Informationssystem- 16, 331, 339
 - , Intel-x86- 557
 - , IS- 333, 335, 341, 349ff, 376
 - , Mehrkern- 514
 - , Mikroprozessor- 508
 - , MIMD- 512f
 - , MISD- 512f
 - , Peer-to-Peer- **611f**
 - , Prozess- 101ff, **109f**
 - , Prozessor- 508, 557
 - , Rechner- **511f**, 557
 - , RISC- **508**

- , serviceorientierte 165, **169 f**, 174, **175 ff**, 546
- , SIMD- 512 f
- , Single-Instruction-Multiple-Data- **513**
- , Single-Instruction-Single-Data- **512**
- , SISD- 512 f
- , Software- 372
- , System- 82, 353
- , von-Neumann- 511 ff
- , x86- → Intel-x86-Architektur
- , Zweikern- 514
- Architekturbeschreibung 358
- Architekturentwurf 370, 547
- Archiv 261
- ARIS 130, 142, 144 ff
- ARIS-Architekturmodell **142 ff**
- ARIS-Methode 145
- ARIS-Modell 145
- ARM-Mikroprozessor 508, 530, 557
- ARMA-Verfahren 288
- ARP → Address Resolution Protocol
- ARP-Protokoll **598 f**
- ARPA Net 593
- Array **456 f**, 481, 513
- Artefakt 355, 366
- Artificial Intelligence → Künstliche Intelligenz
- Artikelbeschreibung 237
- Artikelgruppe 289, 317
- Artikelnummer 24, 159, 208, 289, 299, 387, 480
- Artikelwertigkeit 300
- ASCII **449**, 451
- ASCII-Code **450 ff**
- Ascii-Zeichensatz 449 ff
- Assembler 539, **540 f**
- Assemblersprache → Maschinennahe Programmiersprache
- Assembler → Assembler
- Assoziation 286, 290, 457 f
- Assoziationsanalyse **290**
- Assoziationsregel **290**
- Assoziationsstabelle 457
- Asymmetrische Kryptografie 397, **398 ff**
- Asynchronous Transfer Mode → ATM
- ATM 570
- Atomares Attribut 471, 478, 496
- Atomarität 464, 471
- Angriff → Attacke
- Attribut 144, 154, 157, 160 f, 420, 456 f, 462, 468 ff, 484 ff, 494 ff
- , atomares 471, 478, 496
- , identifizierendes 161, 473
- , künstliches 161
- , mehrwertiges 456 f, 473, 481, 496
- , Produkt- 208
- , Schlüssel- **470**
- , strukturiertes 478, 481, 496
- , Unter- 471
- , Verbund- 477
- , XML- 484 f
- Attributdeklaration 486
- Attributname 161, 478
- Attributwert 161, 465 f, 477, 494
- Audioinformation 454
- Aufbauorganisation 8, **77**, 94, 143, 148, 182, 188 f, 309, 342
- Aufgabenliste 62, 374
- Auftrag
- , Kunden- 9, 199, 201, 204, 323
- Auftragsabwicklung **277**
- Auftragseingang 324
- Auftragserledigung 22, 262
- Auftragskorrektur 199
- Auftragsüberwachung 196, 199
- Auftragsveranlassung 196, 199
- Auftragsverfolgung 9, 206
- Auftragsvergabe 193
- Auftragsverwaltung 252, 262, 550, **551**
- Auftritt 348
- Aufzeichnung 45, 356, 358, 367, 424, 428
- Auktion 19, 220, 239, **242 ff**
- , englische 242, **243 ff**
- , Höchstpreis- 242, **243**
- , holländische 242, **244 f**
- , kontinuierliche zweiseitige **248**
- , Online- 235, 242, 246
- , umgekehrte **247**
- , verdeckte **243**, 247
- , Verdeckte Höchstpreis- 242
- , verdeckte zweiseitige **247**
- , Vickrey- 242, **243 ff**
- , zweiseitige 247 f
- , Zweitpreis- → Vickrey-Auktion

Auktionsbörse 247
 Auktionsform 243f
 Auktionshaus 74
 Auktionsplattform 19
 Auktionssystem **242**
 Auktionsteilnehmer 242
 Auktionstyp 242f
 Ausbildung 44, 60, 77, **82 ff**, 249
 Ausbreitungsgeschwindigkeit 565, 569
 Ausdrucksmittel 438, 477, 540, 543
 Ausfallsicherheit 555, 568
 Ausfallsmanagement 375
 Ausführbares Programm 538 ff
 Ausführungsdauer 541f
 Ausführungseinheit 513f
 Ausführungsrecht 420
 Ausführungsumgebung 123f, 546f
 Ausführungszeit 543
 Ausgabe 59, 83, 165, 192, 253, 260, 290,
 335, 408, 505, 510, 523
 Ausgabebefehl 506
 Ausgabedaten 130, 506
 Ausgabegerät 383, 450, 505f, 510
 Auskunft 234
 Auskunftsdienst 215
 Auslastung 125
 Ausnahmeberichterstattung 324
 Aussage 117, 144, 234, 341, 490f
 –, RDF- 490 ff
 Ausschaltung 22, 43, 221
 Ausschreibung 92, 194, 220, 239 ff, **246 f**
 –, öffentliche 246
 Ausschreibungssystem 242, **246**
 Ausschreibungsverfahren 246
 Austauschformat 16, 480, 485
 –, Daten- 275, **480**
 Austauschprozess 43, 216, **217**, **219**, 270
 Auswahl **310**, 363
 Ausweis
 –, elektronischer → digitales Zertifikat
 Auswertung
 –, interaktive 309
 Auswertungskomponente 259
 Auszeichnung 190, 260, 469, 478, 482,
 484
 –, Text- 484
 Auszeichnungssprache 481, **482**, 489

Authentifikation → Authentifizierung
 Authentifikationsverfahren 395
 –, biometrisches 395
 Authentifizierung 385 ff, **394**, 396, 404,
 409, 424, 556, 605, 607
 –, Multifaktor- **396**
 –, Zweifaktor- **396**
 Authentifizierungsverfahren 395f
 Authentizität 399, 403
 Automatisiertes Subsystem 11
 Automatisierung 7, 11, 21ff, 45, 56, 59, 104,
 120, 165f, 197, 250, 347, 378
 Automobil 157, 314
 Automobilbranche 17, 422
 Automobilhersteller 19, 53 ff, 69f, 96, 218
 Automobilindustrie 46, 53 ff, 62, 67, 107,
 225, 273
 Autonomes Fahren 33, 68
 Autorisierung 392
 AutoScout24 19
 Außenhandelsabwicklung 205
 Außenwirksames Informationssystem **18f**,
211ff, 228, 238, 251, 253, 321
 Außenwirksames Unternehmensportal 228
 Avatar 254
 AWS → Amazon Web Services

B

B2B 17, 216, 219, 229, 234, 236, 239 ff, 248,
 253, **268 ff**
 B2B-CRM 220, 268
 B2B-Markt 19, 268
 B2B-SRM 220
 B2C 19, 216 ff, 228f, 234, 236, 238, 240 ff,
 248, 253, **254 ff**
 B2C-CRM 220
 B2C-E-Commerce 233
 B2C-Markt 19
 B2G 17, 219
 back propagation 293
 Balanced Scorecard 325, **326 ff**
 Balkencode → Strichcode
 Ballungszentrum 579
 Bandbreite 52, 571ff, 592
 Bangalore 55

- Bankverbindung 207
- Banner 254, **266**
- Barrierefreier Zugang 51, 84, 265
- Barter-Geschäft → Kompensationsgeschäft
- Basisdaten 189, 207
- Basisdienst 227, 386 f
- Bauelement 503 f, **515 ff**
- Baukasten 324
- Baukastenstückliste 202 f
- Baum 459 f, 487
- , binärer → Binärbaum
- Baumnetz 579
- Baumstruktur 326, 459, **460**, 469, 479, **487 f**
- BD → Blu-ray-Disc
- BDSG → Bundesdatenschutzgesetz
- Bearbeitungszeit 199, 349
- Becker **106**
- Bedarfsermittlung 96
- Bedarfsplanung 277
- Bedarfsprognose 193, 201
- Bedingung 13, 98, 153, 215, 225, 301, 345, 424
- Bedingungslage **282, 340 f**
- Bedrohung 381 ff, 413
- Bedürfnis 3, 27, 79 f, 240, 249, 270, 329, 344 f, 468
- befähigende Technik 3, 23, 74, 94
- Befehl 415, 421, 448, 477 f, 505 ff, 526, 528, 538 ff, 553
- , Ausgabe- 506
- , Datendefinitions- 477
- , Datentransfer- 506, 526
- , Gleitkomma- 525
- , Maschinen- → Instruktion
- Befehlsausführung 507 f
- Befehlsblock 507
- Befehlsinterpretation 507
- Befehlsname 539
- Befehlssatz 506, 508, 528, 538, 540, 558
- Befehlsverarbeitung 507
- Befragung 60, 252, 259
- Beispiel-Lebensmittelfilialbetrieb 195, 254, 296, 308, 313, 332, 336
- Beleg 49, 94, 147, 183, 206, 316, 412
- Belegscanner 173
- Belegungsverzeichnis 554
- Benchmark 48 f
- , IT- 49
- Benchmarking 302, 311 f
- Benennung
- , informelle **138**
- Benutzer-ID 253
- Benutzeradministration 420
- Benutzerauthentifikation 387
- Benutzerbetreuung **85**, 180
- Benutzerdaten 609
- Benutzerfrequenz 266
- Benutzergenerierter Inhalt 74, 231
- Benutzergetriebene Innovation **26**
- Benutzergruppe 54, 254, 397, 421
- Benutzerkennung 420, 535, 556
- Benutzerklasse 420
- Benutzeroberfläche
- , grafische 165, 175
- Benutzerprofil 266 f
- Benutzerregistrierung 253
- Benutzerschnittstelle → Benutzeroberfläche
- Benutzerservice 85
- Benutzersicht 97 f, 468, 477
- Benutzerverwaltung 177, 535, 550, **556**
- Benutzerzahl 267
- Benutzungsdiagramm **548**
- Beobachtung 14, 107, 112 ff, 137, 251 f, 413, 508
- Berater 80, 179, 189, 213, 265, 296, 350, 422
- , IT- 45, 47 f, 76, **86**, 344
- Berechtigungskonzept 71
- Berechtigungsprofil 191, 421
- Bericht
- , periodischer 308, 336
- Berichtssystem 8, 250, 282, 302, **308**, 324, 327
- Berichtswesen 187, 346
- Berkeley Unix 594 f
- Berlin 67, 501
- Berufsbezeichnung **82 ff**
- Berufsbild 13, 40, 57, 59, 76, 81 f, 86
- Berufschance 77
- Berufsperspektive 40
- Berührungsempfindlicher Bildschirm 535
- Beschaffung 192 ff, 216 ff, **277**
- Beschaffungsinformationssystem 216

- Beschaffungsprozess 94, **95 ff**, 164
 Beschäftigung 39, 44, 59, 67, 81, 324
 Beschreibungsebene 130, 142, **144**
 Beschreibungsform 285
 Beschreibungssprache 144, 157
 Besetzungsplanung 189
 Bestand 95 f, 116, 146, 193, 201, 316, 318, 320, 390, 419, 580
 Beständigkeit 395
 Bestandsführung 151, **193 ff**
 Bestärkendes Lernverfahren 286
 Bestätigung 94, 199, 237, 406, 409, 415, **588 f**
 Bestätigungsnummer 603 f
 Bestellabwicklung 59
 Bestellanforderung 323
 Bestelldisposition 287
 Bestellformular 266, 387
 Bestellfunktion 218, 258
 Bestellprozess 93 ff, 154, **155 f**, 164
 Bestellung 92 ff, 157, **487 f**
 Bestellvorschlag 308
 Bestellzeitpunkt 313
 Betatester 360
 Betaversion 359, **360**
 Betreiber 29, 216, **239**
 –, IS- **220**
 –, Markt- 248
 –, Marktplatz- 240, 248
 Betreibermodell 239
 Betreibernetz 575
 Betrieb und Wartung 70, 179 f, 342, 537
 Betrieblicher Funktionsbereich 7, 11, 166, 216, 337
 Betriebliches Informationssystem 1 ff, 5, 7, 8, 11, 13 ff, **19 ff**, 30, 71, 81, 84, 102 f, 129 f, 164, **165**, 168, 170, 216, 228, 331 f, 340, 375, 381 ff, 464 f, 490, 532
 Betriebliches Wissen 11, 21
 Betriebsabrechnungsbogen 186 f
 Betriebsart 504
 Betriebsdatenerfassung 201
 Betriebsinformatik → Wirtschafts-informatik
 Betriebsmittel 3, 7, 57, 152, 196 ff, 552
 Betriebssystem 168, 503 f, 515, **549 ff**
 –, Gast- 557
 –, Großrechner- 550
 –, Host- 557
 Betriebssystemkern 549 f, 553
 Betriebsübergreifend 2 f, 8, 17, 45, 165 ff, 175, 177, 201, 204
 Betriebsübergreifende Integration 17
 Betriebsübergreifendes Informationssystem 2 f, 17
 Betriebswirtschaftliches Komplettpaket 175, 179
 Betrugsaufdeckung 317
 Betrugserkennung **318 ff**
 Bewegtes Bild 266
 Bewertungsprofil 234
 BezahlDienst 19, 220, 227, **235 ff**
 Bezahlen
 –, kontaktloses 24 f
 Bezahlung 406
 Beziehung **14 ff**, 157 f
 –, 1:1- 158, 474
 –, 1:n- 158, 309, 474
 –, Geschäfts- 213, **214**, 216, 218, 233, 235, 249, 269 f
 –, n:m- 158, 474, 479
 Beziehungsgeflecht 87
 Beziehungskennzahl 313
 Beziehungsorientiertes Informationssystem 219
 Beziehungstyp 157 ff, 470, 479
 Beziehungszahl 312
 BI → Business Intelligence
 Bibliothek 160, 454, 463, 468, 542
 –, Programm- 541 f
 Bibliotheksinformationssystem 457, 462 f, 489
 Bidirektional 87, 170, 466, 571, 577
 Big Data 23, 45, 76, 86, 307, 428, 438, **493 ff**, 501
 Bigtable 495, 497
 Bilanzanalyse 325
 Bilanzierung 325
 Bild **401 f**
 –, Berufs- 13, 40, 57, 59, 76, 81 f, 86
 –, bewegtes 266
 –, Fest- 229, 266, 268
 Bildabtaster → Scanner
 Bildanalyse 284

- Bilddatei 27, 294, 401
- Bildliche Information 454
- Bildpunkt 512
- Bildschirm 535
 - , berührungsempfindlicher 535
 - , Kontakt- → berührungsempfindlicher Bildschirm
 - , Sensor- → berührungsempfindlicher Bildschirm
- Bildschirmarbeit 68
- Bildschirmformular 121, 178
- Bildschirmgröße 32
- Bildschirmmaske → Bildschirmformular
- Bildungskluft 50
- Bildverarbeitung 286
- Bildverstehen 284
- Binärbaum 460
- Binärcode 539ff
- Binärdarstellung 539
- Binärdatei 461
- Binärer Baum → Binärbaum
- Binärer Suchbaum 460
- Binärprogramm 542
- Binärzeichen → Bit
- Binden
 - , dynamisches 542
 - , statisches 542
- Binder 541, 542
- Biometrie 395
- Biometrisches Authentifikationsverfahren 395
- BIOS 523
- Bit
 - , 16- 527
 - , 32- 453, 527ff
 - , 64- 527ff
 - , Vorzeichen- 446, 448
- Bitcoin 69, 235, 237f, 382, 393, 404, 408ff, 433, 466, 612
- Bitcoin-Adresse 393, 408
- Bitcoin-Blockchain 408
- Bitcoin-Mining 408
- Bitcoin-Münze 408
- Bitfolge 442, 445, 449, 451, 565, 569, 583, 587, 599
- Bitkom 45, 47f, 57, 63, 69, 76f
- BitTorrent 612
- Bitübertragungsprotokoll 582
- Bitübertragungsschicht 582, 583f, 590f, 597, 604
- Black-Box-Test 362, 363
- Blitzschlag 416
- Block 399, 406, 407ff, 521f
- Blockcert 410, 433
- Blockchain 45, 238, 382, 393, 406ff, 433f, 466
- Blog → Weblog
- Blowfish 397
- Blu-ray-Disc 223, 510
- Bluetooth 533, 567, 570
- BMP 453
- BMW 53
- Boehm 370
- Bonitätsstufe 288
- Bonitätsüberwachung 234
- Bonn 67, 501
- Börse 19, 69, 239, 247f, 296
 - , deutsche 19, 247
- Börsensystem 220, 242, 247
- Börsenwert 46
- Botnetz 389, 390
- BPMN 96, 138, 139f, 152ff, 358
- BPMN-Element 140
- BPMN-Prozessmodell 96, 138, 152, 154
- Brainstorming 62
- Branche 213
- Brancheninformationssystem 218
- Branchenlösung → Branchensoftware
- Branchenorientierung 216, 217f, 239
- Branchenprogramm → Branchensoftware
- Branchensoftware 175
- Branchenspezifische Anwendungssoftware → Branchensoftware
- Branchenspezifisches Informationssystem 218
- Branded Content 267
- Brechungswinkel 575
- Breitband 48, 52
- Breitbandkabel 574
- Breitbandpenetration 49
- Brett
 - , schwarzes 239
- Broadcast 576, 585f, 598, 600
- Broadcast-Adresse 592

Broadcast-Adressierung **585**
 Brücke
 –, Netzwerk- **591ff**
 BS2000 175
 BSC → Balanced Scorecard
 BSD-Lizenz 345, 529, 550
 BSDG → Bundesdatenschutzgesetz
 BSON 498
 Buch
 –, elektronisches → E-Buch
 Buchhaltung 95, 97f, 154, 166, 182, 213,
 332, 463
 –, Anlagen- 106, 110, 168, 175, 181
 –, Debitoren- 106f, 110, 181
 –, Finanz- 171, 174f, **181ff**, 252
 –, Haupt- 106, 110
 –, Kreditoren- 106f, 110, 181
 –, Lager- 193
 –, Neben- 181, 183, **184**
 Buchhandel 483
 Buchstabe 178, 399, 402, 439, 442, 445,
 449, **450ff**, 465, 539
 Buchung 143, 147, 164, 181, 256, 464f
 Buchungskreis 182f, 187f, 191ff, 206f
 Budgetierung 320
 Bündelung 175
 –, Preis- 256, 260
 Bundesdatenschutzgesetz 430
 Bundeskriminalamt 69
 Bundestrojaner 413, 426
 Büro 66, 170, 534
 Büroartikel 192, 240f
 Büroinformationssystem 7f
 –, integriertes 8
 Büropaket 345
 Bürosoftware 75, 173, 346
 Bus 222, **511**, 527
 –, Daten- 519, 527
 –, Externer Daten- 519, 527
 Business Analytics 311, **321f**
 Business ByDesign 175, 177, 348
 Business Intelligence 84, 170, 173, 176,
 228, 279, 283, **302ff**, 309, 311, 313,
 315f, 320, 601
 Business Process Model and Notation 96,
152
 Business-Intelligence-Anwendung 316

Business-Intelligence-Komponente 170, 320
 Business-Intelligence-Ordnungsrahmen **303**
 Business-Intelligence-Portal 228, **303**
 Business-Intelligence-Software 311
 Business-Intelligence-System 173, 279, 283,
302ff, 309, 313, 315
 Business-Model-Canvas **72f**
 Business-Suite 166, **167ff**, 180, 320, 348
 Business-Suite-Software 170
 Business-to-Business → B2B
 Business-to-Consumer → B2C
 Business-to-Government → B2G
 Busnetz 579
 Bussystem 511
 ByDesign → SAP Business ByDesign
 BYOD 382
 Byte **440ff**, **603f**
 Bytefolge 454

C

C++ 544
 C2C 19
 CA → Certificate Authority
 Cache 510, 526
 –, L1- 526f
 –, L2- 520, 526f
 –, L3- 520, 526f
 Cache-Hierarchie **526f**
 Cache-Speicher 520
 Cadmium 65
 Call-Center 54f, 249, 349
 Call-Center-Dienst 342
 CAP-Theorem **498**
 Capgemini 47
 Car4you 240
 Carsharing 54
 Cashflow 322ff
 Cassandra 495
 CCITT → ITU-T
 CD 31, 223, 378, 510, 518
 CEO → Chief Executive Officer
 Certificate Authority 404, 501
 CFO → Chief Financial Officer
 Change-Management 179, 331, 346, 351,
 353ff, **364ff**, 375

- Chat 85, 227
- Chief Executive Officer 337
- Chief Financial Officer 337
- Chief Information Officer 77, 79, 82, 334, 337, 339
- Chinese-Wall-Modell 422
- Chip 504, 511, **515ff**, 525ff
 - , DRAM- 518f
 - , Flüchtiger Speicher- 518, **519ff**
 - , Grafik- → GPU
 - , Intel- 516
 - , Mikro- 515
 - , Prozessor- 514, 517, 520, **525f**
 - , RAM- 521f
 - , RFID- 33ff, 276
 - , ROM- 518, 520
 - , SDRAM- 519ff
 - , Speicher- **517ff**
- Chiparchitektur 521
- Chipkarte 395f, 530f
 - , kontaktlose 531
- CIO → Chief Information Officer
- CISC-Architektur **508**
- Cisco 389
- Client-Server-Architektur **168**, 605, **611f**
- Client-Server-System 165, 174f
- Cloud 55f, 75, 170, 172, 178, 348, 383, 428, 614ff
 - , Amazon- 494
 - , community 615
 - , hybrid 615
 - , multi 615
 - , private 348, 561, 615
 - , public 348, 615
- Cloud-Computing 3, 31, 45, 55, **56**, 76, 80, 86, **170**, 227, 537, 561ff, **611ff**
- Cloud-Dienst 73, 75, 615
- Cloud-Infrastruktur 86
- Cloud-Service 82, 84, 178
- Cluster 288, 307, 496
- Clusteranalyse 249, 289, 302, 319
- Clustering 84, 284, 286, 288, 320
- CMMI 338
- CoBIT 338
- Cockpit 71
- Code 33, 164, 182, 378, 393, 404, **442**, 449, 452, 540, 542
- Codebasis 347
- Codierung 402, **442ff**, 461, 539, 565, 568, 607
 - , Ampelfarben- 314
 - , Zeichen- **449**
 - , ziffernweise 447
- Community Cloud 615
- Compiler **541**
- Compliance 71, 320, 337
- Compliance-Management 71
- Composite-Application 174, **176**
- Computer **534**
 - , Ein-Chip- 504, 511, **529ff**, 564
 - , Mini- 76, 531ff
 - , Tablet- 5, 29, 32, 42, 52, 62, 382, 508, 513, 524, 527, 532, 534f, 550, 601
- Computerära **534**
- Computerhacker 416
- Consumer-to-Consumer → C2C
- Content-Length 606, 608
- Content-Type 606, 608
- Continuous Delivery 378
- Continuous Deployment 379
- Continuous Integration 378
- Continuous Replenishment Program 273
- Controller 336, 526, 564
 - , Mikro- **529**
- Controlling 106, 110, 124, 168, 318, 324f, **336**
- Cookie 252f, 428, 434, 607, 609, **610f**
- Cookie von Drittanbieter 610f
- Core 371, 514, 517, 529
- Core-2-Duo-Prozessor → Intel-Core-2-Duo-Prozessor
- Corporate Governance 181
- COSO-Rahmenmodell 338
- Cost per Click 268
- Cost per Registration 268
- Cost per Transaction 268
- Costcenter **79**
- COTS **344**
- COTS-Komponente **344**
- CPC → Cost per Click
- CPC-Preismodell 268
- CPM → Critical Path Method
- CPR → Cost per Registration
- CPT → Cost per Transaction

CPU **505**
 CPU-Zykluszeit 520
 Craigslist 19, 494
 CREATE 477f
 Critical Path Method 117
 CRM 28, 175, 177, 205, 219, 248, 250ff, 346
 –, analytisches 250f
 –, kommunikatives 250f
 –, operatives 250ff
 CRM-Lösung **250**
 CRM-Methode 255
 CRM-System 24, 205, 217, 219, **248ff**, 346
 Cross-Docking 277
 Cross-Site-Scripting 418
 CRP → Continuous Replenishment Program
 CSMA 586, **587**
 CSMA/CA 587
 CSMA/CD 587
 Customer-Lifetime-Value-Analyse 249
 Customizing 171ff, 179f, 206
 Cybercrime **69**
 Cybersecurity 69

D

D/A-Wandler → Digital-analog-Umwandlung
 DAC 421, 510
 DAG → Directed Acyclic Graph
 Daimler 53, 413
 Darknet 69, **70**
 Darstellungsbereich 445, **446f**
 Darstellungsform 72f, 96, 112, 439, 447
 Darstellungsgenauigkeit 448
 Darstellungsschicht 582, **583**, 590
 Dashboard → Management-Cockpit
 Data Dictionary 304
 Data Mart 302, **303**, 306ff, 316
 Data Science 280, **283ff**
 Data-Lake 302, **303**, **306f**, 496
 Data-Mart 302, **303**, **306ff**, 316
 Data-Mining 84, 250, **284**, 294, 317, 319f, 428
 Data-Science 280, **283ff**
 Data-Scientist **84**, 285, 306
 Data-Warehouse 173, 250f, 280, 284, 302, **303ff**, 315ff, **323**

Data-Warehouse-Dimension 317
 Datagramm 602
 Datei **461f**
 –, Bild- 27, 294, 401
 –, Binär- 461
 –, Index- 462
 –, Musik- 401
 –, Protokoll- 252f
 –, Text- 253, 452, 461
 Dateiablage 346
 Dateiformat 229, **461**
 Dateigröße 528
 Dateiorganisation 165
 Dateiserver 535
 Dateisystem → Dateiverwaltungssystem
 Dateitransfer 584, 603, 605, 611
 Dateiverwaltung 550, **554**
 Dateiverwaltungssystem 461, 496, 554f
 Daten
 –, analoge 45, **439**
 –, Ausgabe- 130, 506
 –, Basis- 189, 207
 –, Benutzer- 609
 –, digitale 45, 403, **439**, 466, 510, 562, 564
 –, Ist- 201f
 –, Kassen- 300
 –, Kreditkarten- 98, 236
 –, Kunden- 250, **251**, **253**, 290, 428, 468
 –, Log- 125
 –, Materialstamm- 202, 207f
 –, Meta- 230, 304f, **489**, 554f
 –, Nutz- 584f, 602, 604, 607ff
 –, Produkt- 34, 202, 299
 –, Produktionsstamm- 201
 –, Roh- 294
 –, Soll- 201
 –, Stamm- 178, 189
 –, Steuer- 584f, 604
 –, strukturierte 306f, 320, 478, 480, 482, 490f
 –, Transaktions- 22, 30, 291, 302, 406
 Datenabfrage 478
 Datenanalyse 177, 250, 302, 304, 307, 495f
 –, multidimensionale 302
 Datenaustausch 31, 269, **274f**
 –, elektronischer 24, 31, 166, 212, 219f, 269, **274f**, 486

- Datenaustauschformat 275, **480**
- Datenauthentizität 386, **391**, 403f
- Datenbank **166**, **175**, **462ff**
 - , Graph- 479
 - , historische **466**
 - , In-Memory- 175, 178, 311, **465**, 494ff
 - , Problem- 376
 - , relationale 307, 309, **470f**, 475, 477, 480, 487
 - , Schlüssel/Wert- **494**
 - , temporale **466**
 - , Volltext- **231**
 - , XML- 487
- Datenbankabfrage 419
- Datenbankabfragesprache 477
 - , relationale 477
- Datenbankadministrator 421
- Datenbankarchitektur 501
- Datenbankdefinition 353
- Datenbankfragmentierung **498f**
- Datenbankmanagementsystem 501
- Datenbankreplikation **498**
- Datenbankschema 161, 477
- Datenbankserver 412
- Datenbanksystem 84, 86, 167, 172, 176, 284, 309, 438, 462ff, **465**, 467ff, 477, 479, 481, 493ff, **497f**, 501, 554
 - , NoSQL- 465, **493f**
 - , relationales 86, 438, 473, 477, 493f, 498
 - , verteiltes 86, **497**
 - , XML- 496
- Datenbankverwaltung 85, 297, 305
- Datenbankverwaltungssystem **462f**, 466, **470**
 - , multidimensionales 311
 - , relationales 311, 345, **470**
- Datenbankzugriff 169
- Datenbereich 403, 551
- Datenbestand **463ff**
- Datenblock 387, 469, 544, 551, 554, 584
- Datenbus 519, 527
 - , externer 519, 527
- Datendefinition 275, **478**
- Datendefinitionsbefehl 477
- Datendichte 521f
- Datendiebstahl 69f, 384, **386**, 418, 537
- Datendienst 435
- Dateneingabe 115, 259
- Datenelement 137, 157, 288, 446, **454ff**, 481, 512, 602
 - , komplexes 456f
 - , strukturiertes 456f, 481
- Dateneindeinrichtung 564, 569
- Datenerfassung 24, 184, 201, 412
- Datenerhebung 259
- Datenextraktion 308
- Datenfeld 408
- Datenfernverarbeitung 220
- Datenformat 16, 275, 438, 454, 489, 608
- Datenhaltung 201, 465, 468, 519
- Datenhunger 425
- Datenimport 173
- Datenintegrität 386, **387**, 393
- Datenkommunikation **561ff**, 574ff
- Datenkrake 433
- Datenleitung 512, 521f, 527
- Datenmenge 22, 86, 253, 294, 307, 446, 464, 493, 522, 531, 555, 569, 571
- Datenmigration 179, 360
- Datenminimierung 431
- Datenmodell 157, 178, 306, **309**, 318, 438, 462, 467ff, 477, **478ff**, 487, 491, 494, 496, 501
 - , hierarchisches 469, 478, **479f**, 496
 - , konkretes 462, 468f
 - , konzeptionelles 157, 462, 467ff
 - , multidimensionales 309
 - , Netzwerk- 469, 478, **479**
 - , relationales 438, **469**, 471, 474, 477, **478f**, 487
- Datennetz 69
- Datenobjekt 144, 154, 156, **160**
- Datenorganisation 463, 469, 479, **480ff**
 - , physische 469
- Datenpaket 413f, 510, 572, 584ff, 593, 598, 602
- Datenpool 300
- Datenqualität 276
- Datenquelle 279, 321, 496, 563
- Datenrate 520
- Datensatz 406, **456f**, 461ff, 473f
- Datenschutz 31, 41, 53, 68, **70f**, 233, 264, **381ff**, **424ff**

- Datenschutzgesetz 71, 86, 249, 382, 392, 429, **430**, 434
- Datenschutzgrundverordnung **430ff**
- Datenschutzrichtlinie 430, 432
- Datensenke 563
- Datensicherheit 70f, 198, 383, **384**, 429
- Datensicherung 85, 493
- Datensicht **98**, 143f, 462
- Datenstation **564**
- Datenstruktur 16, 171, 173, 230, 309, 437f, **454ff**, 467ff, 480, 482, 494, 496, 501, 548
- Datentransfer 526f
- Datentransferbefehl 506, 526
- Datentransferrate 520
- Datentyp 307, **454**, 456f, 462, 477, 486, 494, 540, 548
- , komplexer 456f
- Datenübermittlung 274, 432
- Datenübertragung 55, 450, 563, 566f, 571, 574ff, 595, 598
- Datenübertragungseinrichtung 564, 569, 578
- Datenübertragungsrate 522
- Datenübertragungssystem **563f**
- Datenübertragungsweg 578
- Datenunabhängigkeit 467ff
- , logische 467ff
- , physische 467f
- Datenverfälschung 70, 384
- Datenverkehr 431, 509, 592
- Datenverlust 70, 384, 415f, 498
- Datenverwaltung 179, 463
- Datenwort 45, 114, 153, 159, 161, 231, 394, 399, 402, 472, 485, 489, 526, 528, 570, 586
- DATEV 47
- Dauerhaftigkeit 465, 518, 542
- DB2 463
- DBMS → Datenbankverwaltungssystem
- DBpedia 490
- DDoS-Angriff 389, 407
- DDR3-Speichermodul 520
- DDR4-Speichermodul 520, 524
- DDR5-Speichermodul 520
- Debitkarte 25
- Debitor 168, 183f
- Debitorenbuchhaltung 106f, 110, 181
- Debitorenkonto 182, 205
- Debugger 547
- Debugging 353, 361
- Decision Model and Notation 154, **156**
- Decision Support System **296**
- Deckungsbeitrag 185, 188, 295, 297, 299
- Deckungsbeitragsrechnung 185
- Deckungsbeitragsstatistik 308
- DECT 567
- Definitionssprache 477
- Deklaration 486
- , Attribut- 486
- , Element- 486
- Dell 74, 124, 468
- Denial-of-Service-Angriff 389f
- , verteilter 389
- Detailierungsgrad 7, 23, 97f, 111, 132, 137, 165, 198, 271, 305, 367
- Deterministisches Zugangsverfahren
→ koordiniertes Zugangsverfahren
- Deutsche Börse 19, 247
- DevOps 83, **378f**
- DevOps-Ingenieur **83**, 379
- Dezentralisierung 120
- Dezimalen Zahlensystem **443f**
- Dezimalzahl 443f, 486, 599
- Diagramm 106, 116, 124, 138, 151, 548
- Dialogdienst 562
- Diebstahl 68, 193, 316, 416
- Dienst 46, 55, **222**, **227ff**, 429, 596
- , ortsbezogener 429
- , vertrauensunterstützender 220, 227, **232f**
- Dienstanbieter 348f, 611
- Dienstbezieher 348
- Dienstgüte 343, 349
- Dienstgütevereinbarung 125, **349**
- Dienstleister 9, 54, 212f, 219f, 233, 268, 344, 348, 614ff
- Dienstleistung 31, 168, 208
- , Informations- 144
- , IT- 29, 47, 81ff, 338, 342
- Dienstleistungseinrichtung 221
- Dienstleistungsmodell 227, **615**
- Dienstleistungsunternehmen 271

- Dienstnummer 603, **604 ff**
- Dienstnutzer 349, 611
- Dienstprogramm 541f, 549f, 554
- Differenzierung 9, 82, 272
- Diffusion 275
- Diffusionsnetz **586**
- Digest 387, 393
- Digital-analog-Umwandler 510
- Digital-analog-Umwandlung 439
- Digitale Daten 45, 403, **439**, 466, 510, 562, 564
- Digitale Kluft → Digitale Spaltung
- Digitale Signatur 382, 391, 399 ff, **402 ff**, 410
- Digitale Spaltung **49 ff**
- Digitale Unterschrift 391, 402, 404, 406
- Digitaler Fingerabdruck 393
- Digitaler Projektor 510
- Digitaler Vertrag 408
- Digitaler Zwilling **126**
- Digitales Gut 42, 211, **222 ff**, 256, 262, 392, 402, 490
- Digitales Signal 510, 529, 564
- Digitales Zertifikat 401, 403, **404 f**
- Digitalisierbares Gut 42, **222**
- Digitalisierung 21, 39, **44 f**, 197, 562
- Dimension **117 f**, 124, **289**, 304f, 309f, 316 ff, 351
- DIN-Zeichensatz 451
- Dingfunktion 33
- Directed Acyclic Graph 458
- Direkt adressierbare Speicherform **461**
- Direkter Zugriff 304
- Direktmarketing 256, 264, 289
- Direktvertrieb 74, 262
- Direktvertriebsmodell 74
- Direktzugriffsspeicher **517**, 526
- DisinterREmediation 43, 221
- Disintermediation 43, 221
- Diskette 518
- Diskrete Zugriffskontrolle **421**
- Disposition 106, 110, 151, 192f, 199
- Distributed Ledger 407, 409, 433
- Distribution 204f, 345
- Distributionsdienstleister 192
- Distributionskosten 223
- Distributionsplanung 277
- Distributionspolitik 204f, 216, 251, 253, 256, **262**
- Distributionsweg 258
- Distributionszentrum 148, 183, 191f, 206f, 281
- Distributionszweck 239
- Diversifikation 257, 364
- DLT 409, 433f
- DMN → Decision Model and Notation
- DMN-Entscheidungstabelle **154**
- DNS 599, 613
- Document Object Model **488**
- Dokument 230 ff, **480 ff**, **496**
- , Gültiges XML- **485**, 489
- , HTML- 488
- , JSON- **481**, 496
- , strukturiertes **480 f**, **496**, 498
- , Wohlgeformtes XML- **485**
- , XML- 482, **483 ff**, 496
- Dokumentation 11, 71, 83, 85, 113, 137, 181, 188f, 336, 344, 357, 366, 371, 376f, 549
- Dokumentationspflicht 116
- Dokumentinhalt 482
- Dokumentstruktur 488
- Dokumenttyp 275, 482, **486**
- Dokumenttypdefinition 485f, 492
- Dokumentverweis 232, 482
- DOM → Document Object Model
- Domain 136, 492, 598f, 610
- Domainname 227, 598f, 606
- Doppelader → Zweidrahtleitung
- Doppelte Genauigkeit 448
- DoS 175, 389
- DoS-Angriff → Denial-of-Service-Angriff
- Double Spending 408
- Download 31, 72, 223
- Drahtloses Übertragungsmedium **576**
- DRAM 518f, 524
- DRAM-Chip 518f
- Dreischichtenmodell 467f
- Drill down 310, 317f
- Drittanbieter 194, 610f
- Dritte Normalform 473
- Dritthersteller 173
- Drohne 24, 33
- DROP 477
- Drucker 24, 66, 75, 85, 510, 520, 563

DSG → Datenschutzgesetz
 DSGVO → Datenschutzgrundverordnung
 DSS 296, 398
 DTD → Dokumenttypdefinition
 Duales Zahlensystem **444**
 Dualzahl 444 ff
 DuckDuckGo 229
 Duplikat 395, 498
 DuPont-Kennzahlenbaum 326, **327**
 Durchführbarkeit 252, 351
 Durchgängigkeit 274
 Durchlaufterminierung 199
 Durchlaufzeit 99 f, 104, 108, 113, 115 ff, 124 f,
 146, 202, 296
 Durchsatz 117, 511, 550, 580
 DV-Konzept 143, 145, 359
 DVD 31, 223, 415, 417, 510, 518
 Dynamisches Binden 542
 Dynamisches Laden 542
 Dynamo 494

E

E-Buch 73
 E-Business **211, 216**, 235, 275
 E-Business-System 167
 E-Commerce 28 ff, 211, 216, 233 f, 237,
254 ff, 268 ff, 426
 E-Commerce-Gütesiegel 234
 E-Commerce-Lösung 174 f
 E-Commerce-Unternehmen 389
 E-Government 427
 E-Learning 42, 63, 65, 616 f
 E-Mail 418, 428
 E-Mail-Adresse 406, 491 f, 581
 E-Mail-Analyse 291
 E-Mail-Befragung 252
 E-Mail-Dienst 56, **613**
 E-Mail-Klient 613
 E-Mail-Klientenprogramm 345
 E-Mail-Programm 224, 417
 E-Mail-Protokoll 404, 406
 E-Mail-Server 546, 611, 613 f
 E-Mail-System 593
 E-Mail-Transportsystem 345
 E-Readiness 48, 50

E-Shop 263
 E-Waste 65
 EAN 34
 earthDATAsafe 412
 eBay 19, 29, 32, 74, 237, 240, 246, 307, 389
 eBay-Mitglied 246
 eBay-Tochter 237
 EBCDIC 449
 EC → Elliptische Kurve
 EC-Kryptografie 400
 EC2 → Amazon Elastic Compute Cloud
 ECC **263**
 ECDSA → Elliptic Curve Digital Signature
 Algorithm
 Echtzeit 165, 201, 310
 ECIES → Elliptic Curve Integrated Encryption
 Scheme
 EDI 217, 219 f, 268, **274 f**
 EDIFACT **275**
 Edward Snowden 414
 EEPROM 518, 521
 Effektivität 23, 61, 93, 321, 342, 352, 373
 Effektivitätsmessung 322
 Effizienz 43, 54, 62, 80, 93, 190, 239, 321,
 324, 335, 342, 352, 550
 –, Energie- 65
 –, Koordinations- 239
 –, Laufzeit- 357, 554
 Effizienzsteigerung 22, 264, 272
 Effizienzvorteil 221, 274
 Eigenentwicklung 172, 341
 Eigenfertigung 196
 Eigenkapital 322
 Eigenwerbung 266
 Ein-/Ausgabe 541, 553
 Ein-Chip-Computer 504, 511, **529 ff**, 564
 Ein-Platinen-Rechner 529 f
 Einbenutzerbetrieb **556**
 Einbruch 85
 Einbruchserkennung 286, 419
 Einbruchversuch 394, 419
 Einfache Genauigkeit 448
 Einfügen 387, 407, 417, 473, 488
 Einführungsphase 355, 371
 Einführungsstrategie 355, **365**
 Eingabegerät 504 ff
 Eingabewert 147, 156, 285 f, 291, 293, 512

- Eingabezeile 419
- Eingangskontrolle 193f
- Eingebettetes System 529, 550
- Einkauf → Beschaffung
- , elektronischer 216, 220
- Einkaufserlebnis 221
- Einkaufsinformationssystem → Beschaffungsinformationssystem
- Einkaufskondition 194
- Einkaufskooperation 281
- Einkaufsverbund 313
- Einkaufswagen 34, 259
- , virtueller 259
- Einmalkennwort 394, 396
- Einprogrammbetrieb 551, 552
- Einschaltung 427
- Einstiegspunkt 101, 227, 318
- Einzelabschluss 181
- Einzelfertigung 197
- Einzelhandel 23, 24, 28, 31, 33ff, 74, 105, 107, 205, 221, 257, 298, 312
- Einzelhandelsunternehmen 35
- Einzelhändler 31, 74, 213, 221, 226, 257
- Einzelkosten 185
- Einzweckmaschine 512
- EIP → Enterprise Information Portal
- EIS → Executive Information System
- Eisbrecherfrage 254
- EITO 46f
- Electronic Business → E-Business
- Electronic Commerce → E-Business, → E-Commerce
- Elektromagnetische Welle 565, 566f, 576
- Elektronikschrott 65
- Elektronische Post → E-Mail
- Elektronische Unterschrift → digitale Signatur
- Elektronischer Ausweis → digitales Zertifikat
- Elektronischer Datenaustausch 24, 31, 166, 212, 219f, 269, 274f, 486
- Elektronischer Einkauf 216, 220
- Elektronischer Katalog 25, 218, 258
- Elektronischer Markt 17ff, 24, 29, 31, 212, 214, 219f, 236, 238ff, 268
- Elektronischer Marktplatz 74, 238, 241f, 246
- Elektronischer Produktcode 33f
- Elektronischer Verkauf 246
- Elektronischer Versand 115
- Elektronisches Buch → E-Buch
- Elektronisches Kundenbeziehungsmanagement 212
- Elektroschrott 65f
- Elementdeklaration 486
- Elementinhalt 484ff
- Elementtyp 138, 140
- ELIZA 59f
- Elliptic Curve Digital Signature Algorithm 400, 404, 408
- Elliptic Curve Integrated Encryption Scheme 400
- Elliptische Kurve 398
- Emergentes Verhalten 13
- Emission 21, 66f
- Empfangsbestätigung 277
- Empfangseinrichtung 529
- Empfangslatenz 571
- Empfangsstation 577
- Empfehlungsprozess 259f
- Empfehlungssystem 24, 28, 252, 254, 259f, 291, 307
- Employee Lifecycle Management 190
- Empowerment 120
- Endbenutzerfunktion 362
- Endbenutzerrechner 85
- Endbenutzersicht 379
- Endmarkierung 482, 484f
- Endgerät 28ff, 582, 590
- , mobiles 28ff, 45, 169, 237, 493, 516, 522, 532, 576
- , TK- 47
- Endpunkt
- , Kommunikations- 603
- Endverbraucher 194, 271
- Energieeffizienz 65
- Energiekosten 66
- Energieverbrauch 65f, 507, 520, 522
- Eng gekoppeltes System 365, 515
- Enge Kopplung 547
- Englische Auktion 242, 243ff
- Engpass 23f, 57, 276, 390, 600
- Enterprise Information Portal 228
- Enterprise-Resource-Planning-System 163

- Entfernung 28, 35, 55
- Entität 157f, 480, 484
- Entitätstyp 157ff, 473f
- Entity-Relationship-Modell 156, **157ff**, **203**, 358, 454, **473f**
- Entscheidung auf operativer Ebene 281, 321
- Entscheidung
 - , strategische 196, 253, 281, 320, 337, 342
 - , taktische 196, 281, 308
- Entscheidungsarchitektur **282**, 302
- Entscheidungsaufgabe 321
- Entscheidungsbaum 459
- Entscheidungsbefugnis 325
- Entscheidungsdatenbasis 303
- Entscheidungsfeld 321
- Entscheidungsfindung 228
- Entscheidungsgegenstand 282, 321
- Entscheidungskompetenz 280
- Entscheidungsmodell 280, **296f**
- Entscheidungsprozess 61, 321, 338, 367
- Entscheidungspunkt 153, 371
- Entscheidungstabelle 154, **156**, 288
- Entscheidungsträger 184, **282**
- Entscheidungsunterstützendes System 282
- Entscheidungsunterstützung 20ff, 30, 178, 250, 280, 304, 306, 313
- Entscheidungsunterstützungssystem 279, **282f**, **296ff**, 320, **321**
- Entscheidungsvorbereitung 296, **321**
- Entschlüsselung 397, **398**
- Entsorgung 66, 192, 415
- Entwickler 224, 345, 347, 357ff, 367, 373f, 378, 397f, 539, 543, 545, 594
- Entwicklung
 - , inkrementelle 355
- Entwicklungskosten 171, 223, 343, 347, 361
- Entwicklungsland 39, 51f, 55, 66
- Entwicklungsprojekt 3, 331, 347, 369f, 373
- Entwicklungsprozess 9, 135, 357f, 367, 369
 - , inkrementeller 369
- Entwicklungsprozessmodell **368ff**
 - , agiles 368, **372f**
 - , inkrementelles 368, 371
 - , iteratives 368ff
 - , leichtgewichtiges 372
 - , sequenzielles **368**
- Entwicklungsschritt 374
- Entwicklungssoftware 545ff, 557, 615
- Entwicklungsstadium 307, 359, 361f
- Entwicklungstätigkeit 102, 354ff
- Entwicklungsumgebung → Software-entwicklungsumgebung
- Entwicklungsziel 190
- Entwicklungszyklus 354
- Entwurf 83, 85, 331, 339, **353ff**, 368, 370, 372, 434, 473, 548
- Entwurfsphase 359
- EPC → Elektronischer Produktcode
- ePrivacy-Verordnung 434f, 611
- EPROM → Erasable PROM
- ER-Diagramm → Entity-Relationship-Modell
- ER-Modell → Entity-Relationship-Modell
- Erasable PROM 518, 521
- Erdbeben 66, 412
- Ereignis 98, 125f, 137ff, 144, 152f, 281, 283, 364, 375, 411, 424, 466
 - , unvorhergesehenes 375, 411
- Erfolgspotenzial 332, 336f, 352
- Erfolgsprognose 287
- Erfolgsrechnung 181, 308, 324f
- Ergänzungsprogrammierung → Erweiterungsprogrammierung
- Erlös 28f, 72, 74f, 186, 204, 261ff
- ERP **166f**, 174, **175ff**, **184**
- ERP-Anwendung 175
- ERP-Einführung **178f**
- ERP-Komplettpaket 170, 174, 180, 198
- ERP-Komponente 167, 344
- ERP-Software 166, 177, 546
- ERP-System 7, **163ff**, **205**
- Erpressung 69
- Ersatzrechenzentrum 412
- Erstanbieter-Cookie 610f
- Ertragsmodell 72, **239f**
- Erweiterte Realität 24, 26f, 33, 45
- Erweiterung 125f
- Erweiterungskomponente 122
- Erweiterungsprogrammierung 168, 171f, 179f
- ESOA 175
- Ethereum 408, 433
- Ethernet 224, 529, 570, 585, 587, 604
 - , 10-Gigabit- 575

–, 10-Mbit- 584
 –, Gigabit- 570, 588
 Ethernet-Familie 584, **588**
 Ethernet-Paket 584
 Etikett 33
 –, RFID- 33ff
 ETL 304
 eTOM-Modell 107, 135
 EU-Fernabsatzrichtlinie 256
 EU-Institution 490
 EU-Kommission 67, 77, 432
 EU-Richtlinie 66
 EU-US-Datenschutzschild 432
 EU-Verordnung 234
 Eurex 247
 Euro-Zeichen 452
 Europarat 432
 EUS → Entscheidungsunterstützungssystem
 Exalytics 311
 Exbi 442
 Executive Information System **324f**
 exklusives Zugriffsrecht 551
 Expertisesystem 308
 Exponent 448
 Exponentielles Glätten 287f
 Export 48, 53, 480
 Extensible Style Sheet Language Transformation 488, **489**
 Externe Schicht 467, **468**
 Externer Datenbus 519, 527
 Externer Speicher 441, 465, 505f, **509f**, 522, 553ff, 614
 Externes Schema 467, **468**
 Extreme Programming 373

F

Facebook 30, 42, 46, 52, 63, 70, 226, 230, 307, 414, 427, 434, 438, 493, 495, 537
 Fachabteilung 82, 150, 179, 189f, 342, 350, 415, 531
 Fachkonzept 143ff, 462
 Fachkraft 57, 304
 Fachwissen 14f
 Fähigkeit 48, 51, 64, 93, 328, 364, 493, 542, 575

Fahren
 –, autonomes 33, 68
 Faktorenanalyse 249
 Fakturierung 106f, 110, 151, 166, 174, 204f
 Fallbasiertes Schließen 284
 Fallstudie 25, **298**, **315**
 Fälschungssicherheit 34
 Familie 40, 42, 160
 Farbdarstellung 309
 Farshoring 55
 Fax 274
 FCC 596
 FDDI 570
 FDM → Frequency Division Multiplexing
 FDM-Verfahren 572
 Feedback 251, 286, 329, 353
 Feedback-Komponente 259
 Fehlentwicklung 318, 357
 Fehler 361, **415**, 608
 –, menschlicher **415**
 Fehlerbehandlung 176, 377, 587
 Fehlerbehebung 172, 355, 543
 Fehlerbehebungssoftware 546
 Fehlerbehebungswerkzeug 361
 Fehlererkennung 585
 Fehlerfall 589
 Fehlerfreiheit 363f
 Fehlerquelle 22, 274, 543
 Fehlerrate 97, 120, 125, 568
 Fehlerrückführung 293
 Fehlersuche 86
 Fehlerwahrscheinlichkeit 274
 Feinentwurf 359, 370f
 Feinplanung 201
 Fernmeldegeheimnis 425
 Fernsehstrahlung 571
 Fernsehkanal 572
 Fernsehprogramm 577
 Fernsprechnetz 574
 Fertigung → Produktion im engeren Sinn
 –, Eigen- 196
 –, Einzel- 197
 –, Fließ- 196
 –, Fließband- 53, 197
 –, Gruppen- 196
 –, Massen- 197f, 258, 524
 –, Mehrfach- 197

- , Reihen- → Fließfertigung, → Fließfertigung ohne Zeitzwang
- , Serien- 197
- , Sorten- 197
- , Speditionsab- 207
- , Werkstatt- 196
- , Zollab- 274
- Fertigungsablauf 197, 203
- Fertigungsebene 202
- Fertigungssteuerung → Produktionssteuerung, → Produktionssteuerung
- Fertigungsstruktur 202
- Fertigungsverfahren 196
- Festbild 229, 266, 268
- Festkommadarstellung **447**
- Festkommazahl 448
- Festplatte 69, 178, 253, 416, 419, 511, 522, 551, 554 f
- Festspeicher → Festwertspeicher
- Festwertspeicher **517 ff**
- , irreversiblen 521
- , reversibler 521
- Fibre-Channel 575
- File Transfer Protocol 229, 597
- Filesharing-Dienst 612
- Filialbericht 308, 317
- Filialdichte 313
- Finanzanalyse 322, **323**
- Finanzanalysestystem 322, **323**
- Finanzbuchhaltung 171, 174 f, **181 ff**, 252
- Finanzdienstleister 257, 307, 388, 418
- Finanzierung 181, 240, 271
- Finanzwesen 7, 24, 163 ff, 174, **180 ff**, 192, 322 f, 532
- Finanzwirtschaft 177, 194, 205, **328**
- Fingerabdruck 388, 393, 395
- , digitaler 393
- Fingerabdruckleser 395, **396**
- Fingerlinie 395
- Firefox 345
- Firewall 418
- FireWire 529
- First-Level-Support 376
- Fixkosten 185, 225
- Flash 510, 518, 521 f, 555
- Flash-Speicher 518, **521 ff**
- Flash-Speicherchip 518, 520, 522 ff
- Flash-Speicherkapazität 524
- Flash-Speicherkarte 524
- Flash-SSD 523
- Flickr 230, 427, 494
- Fließband 196
- Fließbandarbeit 506
- Fließbandfertigung 53, 197
- Fließbandverarbeitung **507 f**, 514, 528
- Fließfertigung 196
- Fließfertigung mit Zeitzwang 196
- Fließfertigung ohne Zeitzwang 196
- Flipflop 520
- Flüchtiger Speicher 509, **518**, 520
- Flüchtiger Speicherchip 518, **519 ff**
- Fluglinie 222, 226
- Flusssteuerung **588 f**, 603
- Flynn **512**
- Folksonomy **231**
- Forecasting 277
- Foreign Key 477 f
- Format **267**, 274
- , redaktionelles **267**
- Formatierung 448
- Formular 115, 183, 190, 205, 222, 581
- Forrester 58
- Fortran 544
- Forum 58, 64, 227, 346
- fps 172
- Frachtmanagement 277
- Fragebogen 252, 412
- Fragestellung 1, 170, 282, 310, 318, 320
- Fragment **499**
- Framework 107, 339, 489, **490**
- Franchising 182
- Frankfurt 67
- FreeBSD 550
- Freie Software 345, 360, 373, 410, 463
- Freigabekandidatenversion 359, **360**, 362
- Freigabeversion 359, **360**
- Fremdschlüssel **472 ff**
- Frequency Division Multiplexing 572
- Frequenz **565 ff**, 574, 577
- , Benutzer- 266
- , Kunden- 316 f
- , Nutzungs- 253
- , Sende- 414
- , Takt- 528

Frequenzband 566, 572, 577
 Frequenzbereich 566 f, 572, 577
 Frequenzmodulation 567 f
 Frequenzmultiplexbetrieb 573
 Frequenzmultiplexing **572 f**
 Frequenzmultiplexverfahren → Frequenz-
 multiplexing
 Frequenzspektrum 566
 Frischware 148
 FROM 478, 518, 521
 Frühwarnfunktion 314
 FTP → File Transfer Protocol
 FTTx 575 f
 Führungsinformationssystem → Manage-
 mentunterstützungssystem
 Führungskraft 7, 19, 61, 184, 250, 280 f,
 297, 304, 306, 325, 336, 340
 Führungsstil 61, 190, 325
 Fulfillment **277**
 Füllbyte 584
 Funk 33, **143**, **573**, 576
 –, Mobil- 42
 –, Radio- 572
 –, Richt- 573, **576**
 –, Rund- **576 f**
 –, Satelliten- **573**
 –, terrestrischer **573**
 –, zellulärer 573
 Funkfrequenzbereich 572
 Funktion 114 f, 190 ff, **324**, 328
 –, sicherheitskritische 345
 Funktionale Abhängigkeit **471 f**
 Funktionale Anforderung 357
 Funktionale Programmiersprache 538,
 544
 Funktionaler Prototyp 359
 Funktionsbereich 7 ff, 94, 165 f, 175, **216 f**,
 220 f, 271, 276, **277**, 306, 320, 337
 –, betrieblicher 7, 11, 166, 216, 337
 Funktionseinheit 4, 503, **504 ff**, 529
 Funktionsfähigkeit 11, 417
 Funktionshierarchiebaum 145, **146 f**, **189**,
 193, 459
 Funktionssicht **97**, **143**, 145 ff
 Funktionstest 259, 362
 Funkübertragung 565
 Funkwelle 33

Funkzelle 577 f
 Fuzzy-System 84, 284

G

Galileo 219
 Ganze Zahl 58, 444, **445 ff**, 477, 602
 Ganzzahliger Wert 477, 528
 Gartner 45, 58, 178, 347, 534
 Gastbetriebssystem 557
 Gateway 152, 589, 593
 –, Anwendungs- **593**
 Gatter 152 f
 GDPR → Datenschutzgrundverordnung
 Gebietsbericht 317
 Gefahrenpotenzial 178, 382, 414
 Gegliederte Umstellung 365
 Gehaltsabrechnung 168, 191
 Gehaltsdifferenzierung 190
 Gehaltsniveau 55
 Gehaltsverrechnung 189
 Geheimdienst 397, 413 f
 Geheimer Schlüssel 393, 397, **398 ff**
 Geheimhaltung 397
 Geheimnis 394
 Geheimschrift 397
 Geldausgabeautomat 396
 Gemeinkosten 185 f
 Gemeinschaft
 –, virtuelle 87, 220, 226, 252, 256
 Genauigkeit
 –, doppelte 448
 –, einfache 448
 Gerät
 –, peripheres → Peripheriegerät
 Gerichtete Graphstruktur **458**
 Gerichtete Kante 149, 291, 458 f, 491
 Gerichteter azyklischer Graph **458 f**
 Gerichteter azyklischer Graph mit Wurzel-
 knoten 459
 Gerichteter Graph 291, **458 f**, 491
 Gesamtbetriebliches Informationssystem
 6 ff, 16, 335
 Gesamtstrategie 329, **337**
 Gesamtunternehmensplanung 333
 Geschäftsablauf 114, 248, 454

- Geschäftsabschluss 18, 215
 Geschäftsabwicklung 18, 168, 234, 349
 Geschäftsanalytik 322
 Geschäftsbereich 80, 182f, 306, 326
 Geschäftsbeziehung 213, **214**, 216, 218,
 233, 235, 249, 269f
 Geschäftserfolg 108
 Geschäftsfall 3ff, 92, **100**, 102, 112, 118f,
 122, 133, 615
 Geschäftsfeld 23, 45, 72f, 304, 309, 334
 Geschäftsführung 5, 20, 56f, 61, 77ff, 103,
 111, 133, 148f, 179f, 189, 313, 336, 338,
 351
 Geschäftsgrafik 84, 285, 314
 Geschäftsidee 3, 26, 72
 Geschäftsjahr 72, 183, 431
 Geschäftskontakt 74
 Geschäftskunde 168, 207, **214**, 219f, 248,
 268
 Geschäftskundeninformationssystem 217,
 220
 Geschäftslokal 221, 257
 Geschäftsmodell 20f, 31, 40, 45, **71ff**,
 429
 Geschäftsmodelltyp 74
 Geschäftsplanung 201
 Geschäftsprozess **92ff**, **111ff**, **150ff**
 Geschäftsprozess-Reengineering 101
 Geschäftsprozessarchitektur 339
 Geschäftsprozessinstanz **100**
 Geschäftsprozessmanagement **91f**, **96ff**,
100ff, 111, 135f
 Geschäftsprozessmanagementsystem **121ff**
 Geschäftsprozessmodellierung 171, 179,
 331, 352ff
 Geschäftsprozessstyp **100**
 Geschäftsprozessunterstützung 218
 Geschäftssoftware
 –, integrierte → Business-Suite
 Geschäftsstrategie 80, 104
 Geschäftstätigkeit 72, 75, 322
 Geschäftstransaktion 8, 19, 29, 31, 164f,
 234, 274, 391, 464
 Geschäftsvorfall 165, 181, 183, 274, 282
 Geschäftswelt 43, 129
 Geschäftszweck 242
 Geschlechterkluft 50
 Gesellschaft 20, 36, 39, **40ff**, 56, 59, 71,
 181ff, 191, 195, 207, 239
 Gesicherte Übertragung 583
 Gesicherter Informationsfluss 421
 Gesichtserkennung 286, 395
 Gesprächspause 586
 Gewährleistung 85, 375, 384, 386, 421, 425,
426, 498
 Gewinnmaximierung 238
 Gewinnschwelle 221
 Gezielter Angriff 386, **413f**
 Gibi 442
 Giga 441f
 Gigabit-Ethernet 570, 588
 Gigabyte 412
 Gigahertz 528, 566
 Git 393
 GitHub 494
 Glacier 617
 Glasfaser 574ff, 587, **588**
 Glasfaserkabel 565, 569, **573f**
 Glasfaserverlegung 575
 Glätten
 –, exponentielles 287f
 Gleichheitsvergleich 448
 Gleitkommabefehl 525
 Gleitkommadarstellung 447, **448**
 Gleitkommaformat 448
 Gleitkommaregister 526
 Gleitkommazahl 448, 486, 526
 Gliederung
 –, organisatorische 181
 Gliederungskennzahlen 313
 Gliederungszahl 312
 Globalisierung 39f, 44, **53**, 56, 430
 Gmail → Google Mail
 GMX 56
 GNU 345
 GNU C 345
 GNU Public License → GPL-Lizenz
 Google 31, 42, 46, 52, 54, 56, 74f, 229ff,
 265, 307, 348, 438, 490, 493, 495, 497,
 537
 Google Docs 56
 Google Mail 42, 56
 Google Maps 490
 Google Play 31

- Google+ 427
- Google-Bombe 265
- Gordon Moore 516
- Governance 181, 320, 337f
- Govware 426
- GPL-Lizenz 345
- GPMS → Geschäftsprozessmanagement-system
- GPU 513
- Grad der Automatisierung 11
- Grad einer Beziehung 158
- Grafikchip → GPU
- Grafikkarte 518, 528
- Grafikleistung 532
- Grafikprozessor 511, 513
- Grafische Benutzeroberfläche 165, 175
- Grammatik 138, 459
- Granularität 169
- Graph 124, 291, **458ff**, 479, 491f, 496, 596
- , gerichteter 291, **458f**, 491
- , gerichteter azyklischer **458f**
- , RDF- **491f**
- , ungerichteter **458**
- Graphdatenbank 479
- Graphentheorie 458
- Graphics Processing Unit 513
- Graphstruktur **458**, 479
- , gerichtete **458**
- Gratismentalität 261
- Gratissoftware 347
- Green IT 66
- Griffzone 300
- Groupware-System 122
- Großbetrieb 82, 170, 173, 179, 198
- Großhandel 205, 312
- Großhändler 213, 226
- Großprojekt 352
- Großrechner 4f, 76, 165, 175, 449, 513, 531ff, **534**, 537, 565, 580
- Großrechnerbetriebssystem 550
- Großunternehmen 173, 412, 531
- Grundrecht 425, **426**, 429f
- Grundsatz 52, 140, **141**, 281, 430f
- Grundsatzentscheidung 219, 254, 281
- Grüne IT 50, **66**
- Gruppenarbeit 62
- Gruppenfertigung 196
- Gruppenkalender 62
- Gruppenzugehörigkeit 427
- Gruppierungsschlüssel 208
- GSM 578
- GSM-Netz 567
- GTIN-Strichcode 33
- Gültiger Wertebereich 486, 492
- Gültiges XML-Dokument **485**, 489
- Gültigkeitsbereich 107
- Gut
- , digitales 42, 211, **222ff**, 256, 262, 392, 402, 490
- , digitalisierbares 42, **222**
- , materielles 222, 224f
- Gütertausch 270
- Gütesiegel 233
- H**
- Hacker 69
- Hadoop 307, 495, **496**, 501
- Hadoop-Anwendung **496**
- Hadoop-Dateisystem 307
- Halbbyte 450
- Halbfabrikat 192, 196f
- Halbleiterbaustein 510, 515
- Halbleiterindustrie 36
- Halbleiterplatte 522f, 555
- Hamburg 67
- HANA 175, 178, 311, 495
- Handel 21, 25ff, 35, 42, 53, 59, 68, 73f, 192, 216, 240, 246, **263**, 275, 298, 426f
- , Buch- 483
- , Einzel- 23, **24**, 28, 31, 33ff, 74, 105, 107, 205, 221, 257, **298**, 312
- , Groß- 205, 312
- , Internet- 26, 42, 226
- , Lebensmittel- 147, 287, 312f
- , Lebensmitteleinzel- 149, 182f, **187**, **191**, 197, 206, **207**, 298, 315, 317
- Handels-H **106f**, 110, 135
- Handelsbetrieb 197, 298
- Handelsgesetzgebung 181
- Handelsinformationssystem 357
- Handelsmarge 263

- Handelsregisterangabe 234
- Handschrift 116
- Handy → Mobiltelefon
- Hardware 75, 168, 416, **504**, 537, 592
- Hardwarebeschaffung 12
- Hardwareeigenschaft 469, 549
- Hash-Funktion **393**, 403
- , sichere **393**, 403
- Hash-Verfahren 462
- Hash-Wert 393, 406, 408, 410
- , kryptografischer 393, 408, 410
- Haskell 544
- Hauptbuch 181ff, **184**
- Hauptbuchhaltung 106, 110
- Hauptbuchkonto 182
- Haupteinsatzgebiet 250
- Hauptfunktionsbereich 166
- Hauptkasse 308
- Hauptkostenstelle 185f
- Hauptplatine 564
- Hauptspeicher → Arbeitsspeicher
- Hauptwarengruppe 317
- Haushaltsgerät 42, 63, 525, 529, 533
- HBase 495ff
- HCM → Human Capital Management
- HDFS 496
- HDFS2 **496**
- HDMI 529
- Headcrash 416
- Help-Desk 85, 342
- Hersteller 463
- , Automobil- 19, 53ff, 69f, 96, 218
- , Dritt- 173
- , IT- 4, 52, 66, 85, 166
- , Konsumgüter- 296
- Herstellerdirektvertrieb 262
- Herstellerspezifisch 580
- Herstellerunabhängig 580
- Hertz 565
- Heterogenes System 45
- Heuristik 118ff, 232
- Hewlett-Packard 36, 344
- Hexadeziales Zahlensystem **445**, 600
- Hexadezimalziffer 445
- Hierarchie 22, 145, 147, 150, **270**
- Hierarchische Koordination 217, 270
- Hierarchischer Webkatalog 220
- Hierarchisches Datenmodell 469, 478, **479f**, 496
- Hintergrundspeicher 553
- Historische Datenbank **466**
- HMAC **393**
- Hochleistungsserver 575
- Hochschulstudium 82ff
- Hochsicherheitstrakt 385
- Höchstpreisauktion 242, **243**
- , verdeckte 242
- Höhere Programmiersprache 504, 538ff, **543f**
- Höheres Protokoll 583, 592f, 611
- Höherwertiger Kommunikationsdienst 75
- Holländische Auktion 242, **244f**
- Holt-Winters-Verfahren 288
- Homonym 137
- Honeypot 418
- Honigtopf → Honeypot
- Horizontal integriertes Informationssystem **8**
- Horizontale Integration **8**
- Horizontaler Marktplatz 240, **241**
- Horizontales Marktinformationssystem 218
- Host 419, 557, 606f, 610
- Hostbetriebssystem 557
- HP → Hewlett Packard
- HP/UX 550
- HPC 496
- HR → Human Resources
- HTML-Dokument 488
- HTML-Seite 265
- HTML-Text 608
- HTML5-Basis 175
- HTTP 401, 596f, **605ff**
- HTTP-Anfrage **606ff**, 616
- HTTP-Antwort **606ff**
- HTTP-Cookie **609f**
- HTTP-Meldung **607**
- HTTP-Methode **607**, **609**
- HTTP-Protokoll 561, 596, 607, 611, 616
- HTTP-Server 607, 611
- HTTP-Statuscode **608**
- HTTP-Verbindung **604**
- HTTP/1.0 606f, 610, 616
- HTTPS 401, 406, **605f**, 612
- Hub **590**

Human Capital Management 177, 188,
190

Human Resources 188, 190

Humankapitalanalyse 322

Hybrid Cloud 615

Hyperwürfel **309f**, 316

I

IaaS 615f

IBM 46f, 54, 175, 307, 344, 449, 463, 484,
570, 594

IBM-Großrechner 175

IBM-PC 507

IC → Integrated Circuit

ICT → Information and Communications
Technology

IDC 46f

IDEA 397

Identifikation 24, 33f, 85, 92, 101, **105ff**,
137, **160**, 249, 387f, 391, 393, 395, 412,
454, 457

Identifizierendes Attribut 161, 473

Identität 32, 71, 383f, 388, 392, 394, 396,
409

Identitätsdiebstahl **388**, 413

Identitätsmanagement 85, 409ff

–, selbstbestimmtes 409ff

Identitätsmanagementsystem **384**

Identitätssicherheit 71, 383, **384**

IEC 441f

IEC-Standard-Bezeichnung **442**

IEEE 588

IEEE 802 588

IEEE 802.3ab 588

IEEE-Gleitkommaformat 448

IKT **46f**

IMAP 614

IMAP4 613f

IMDB → In-Memory-Datenbank

Imperative Programmiersprache 538, 543f

Implementierung 145, **353ff**

Implementierungskosten 275

Implementierungsunabhängigkeit 468

Implementierungszeit 180

Impulsrate 574

In-Memory-Datenbank 175, 178, 311, **465**,
494ff

In-Memory-Datenbankanwendung 497

Indexdatei 462

Indexzahl 312

Indikator → Kennzahl

Indirekter Vertrieb 74, 225, 262f

Individualentwicklung 171

Individualisierung 24, **26**, 28, 258, 264

Individualkommunikation 573

Individualprogrammierung 165, 172

Individualsoftware **343f**

Industrie 4.0 45, 76, **197f**, 203

Industrie

–, Automobil- 46, 53ff, 62, 67, 107, 225,
273

–, Halbleiter- 36

–, Musik- 225

Infineon 524

Informatik 2, 4, 55, 83ff, 284

Information and Communications Technology
46

Information

–, akustische 439

–, bildliche 454

–, redundante 612

–, schriftliche 449

Informationelle Selbstbestimmung 70,
424f, 434

Informationsarchitektur **142**, 169

Informationsausschnitt **310**

Informationsaustausch 6, 228, 270, 273

Informationsbereitstellung 6, 61

Informationsdarstellung 440, **568**

Informationsdienstleistung 144

Informationsfluss

–, gesicherter 421

Informationsgesellschaft **39**, 70, 424

Informationshaushalt 70, 424

Informationshilfsmittel 30, 382, **532ff**

–, persönliches 30, 382, **532ff**

Informationsinfrastruktur 43, 332, 383, 414,
614

Informationskosten 6, 43

Informationsmenge 367, 527

Informationsmissbrauch 422

Informationsoffenlegung 386

- Informationsphase 215, 217f, 229, 239, **241**, 255, 268
- Informationsplattform 228
- Informationspolitik 243, 594
- Informationsprodukt 222
- Informationsquelle 227, 252f
- Informationssicherheit 45, 68, 71, 339, **381ff**, 392, 411, 426, 428f
- Informationsstrukturierung 324, 479
- Informationssystem **4ff**, **82ff**, 120f, **129f**, 135ff, **165ff**, **211ff**, **268ff**, **331ff**, **359**, **361ff**
 - , Absatz- → Marketinginformationssystem
 - , außenwirksames **18f**, **211ff**, 228, 238, 251, 253, 321
 - , Beschaffungs- 216
 - , betriebliches 1ff, 5, 7, **8**, 11, 13ff, **19ff**, **30**, 71, 81, 84, 102f, 129f, 164, **165**, 168, 170, 216, 228, 331f, 340, 375, 381ff, 464f, 490, 532
 - , betriebsübergreifendes 2f, 17
 - , beziehungsorientiertes 219
 - , Bibliotheks- 457, 462f, 489
 - , Branchen- 218
 - , branchenspezifisches 218
 - , Büro- 7f
 - , Einkaufs- → Beschaffungsinformationssystem
 - , Führungs- → Managementunterstützungssystem
 - , gesamtbetriebliches 6ff, 16, 335
 - , Geschäftskunden- 217, 220
 - , Handels- 357
 - , horizontal integriertes **8**
 - , Horizontales Markt- 218
 - , innerbetriebliches 18, 276
 - , Integriertes Büro- **8**
 - , internes 16, 29, 80, 218, 250, 291, 529, 533
 - , Konsumenten- **19**, 31, 219f, **254ff**
 - , Management- → Managementunterstützungssystem
 - , Marketing- 204f, 216ff, 248, 255
 - , Markt- 218
 - , operatives **7**, **165**, 251, 303, 306, 321, 364, 382
 - , Personal- 190, 428
 - , persönliches 27, **30**, 250, 532
 - , produktorientiertes 218
 - , rechnergestütztes 3ff, 19, 280
 - , Teil- 8f, 83, 303, 332
 - , Topmanagement- 280, **324**
 - , vertikal integriertes **8**
 - , Vertikales Markt- 218
 - , Web- 251
 - , zwischenbetriebliches 1, **17**, 19, 212, 218f, 250, **268ff**
- Informationssystemarchitektur 16, 331, 339
- Informationssystemmodellierung 135
- Informationssystemplanung 331, 334, **335**, 350, 352
- , strategische 304, 331, 333, **335ff**, 350, 352
- Informationstechnik **39ff**, **74f**
- Informationstechnische Kriegsführung **413**
- Informationstransparenz 276
- Informationsverarbeitung 1ff, 22, 54, 56, 82, 85f, 197, 276, 340ff, 429, 505
- , integrierte 276
- Informationsverlust 452
- Informationsvermittlermodell 74
- Informationsweitergabe **386**, 424, 561
- Informationswirtschaft 47, 57, 76
- Informationswirtschaftlicher Reifegrad **48ff**
- Informelle Benennung **138**
- Infrarot 566
- Infrarotwelle 566
- Infrastructure-as-a-Service **616**
- Infrastruktur
 - , Cloud- 86
 - , Informations- 43, 332, 383, 414, 614
 - , IS- 239, 333
 - , IT- 48ff, 55, 73, 82, 169, 250, 337, 342, 429
 - , Kommunikations- 5, 7, 10, 85, 218, 349, **580**
 - , kritische 562, 612
 - , Netz- 52
 - , Netzwerk- 390
 - , TK- 47
- Infrastrukturmanagement 342
- Infrastruktursoftware → Middleware
- Inhalt
 - , benutzergenerierter 74, 231

- Inhaltsbezogen 267
- Inhaltskriterien 232
- Inklusionsabhängigkeit 471, **472**
- Inkonsistenz 310, 464, 473
- Inkrementelle Entwicklung 355
- Inkrementeller Entwicklungsprozess 369
- Inkrementelles Entwicklungsprozessmodell 368, 371
- Innerbetriebliches Informationssystem 18, 276
- Innere Totalreflexion 575
- Innovation 20 ff, **26**, 30, 152, 169, 180
 - , benutzergetriebene **26**
- Innovationsmanagement 83
- Insellösung 198, 335
- Instagram 30, 42, 63, 226, 230, 427
- Installationsmanagement 342
- Instandhaltung 177, 192, 197, 252
- Instant Messaging 227
- Instanzen 40, 100, 270, 404, 407 ff, 466, 551, 604
 - , vertrauenswürdige 404, 466
- Institut 57, 491, 615
- Institutionenökonomik 270
- Instruktion 506 ff, 525, 538 f
- Integer 445 f, 477 f
- Integrated Circuit 515
- Integration **8**, 17, 118, **165 f**, 170, **378**
 - , betriebsübergreifende 17
 - , horizontale **8**
 - , Prozess- 171
 - , Sensor- 277
 - , vertikale **8**, 170
- Integrationsgrad 6
- Integrationsphase 169, 174
- Integrationstest 361, **362**, 370
- Integrationstestfälle 353
- Integrierte Geschäftssoftware → Business-Suite
- Integrierte Informationsverarbeitung 276
- Integriertes Büroinformationssystem 8
- Integriertes System 7 f, 17, 120, 201
- Integrität 385, 387, 391, **392**, 403, 411, 425, **426**, 431, 472 f
- Intel 36, 414, 507 f, 516, **517**, 526, **533**, 557
- Intel-Befehlssatz 508, 533
- Intel-Chip 516
- Intel-Core-2-Duo-Prozessor 517
- Intel-PC-Prozessor 528
- Intel-Pentium-Prozessor 517, 528, 539
- Intel-x86-Architektur 557
- Intel-Xeon-Prozessor 517
- Intelligenz
 - , künstliche 45, 59, 84, **284**
- Interaktive Auswertung 309
- interne Prozessperspektive 327 f
- Interne Schicht 467, **469**, 593, 597, **598**
- Interne Verarbeitungsbreite 527 f
- Interner Prozess 152, 165, 175, **328**
- Interner Speicher 32, 441, 469, 509, 614
- Internes Informationssystem 16, 29, 80, 218, 250, 291, 529, 533
- Internes Schema 467
- Internet 5, **32 f**, 52 ff, 63, 275, **418 f**, 529, 580 f, **592 ff**
- Internet alles Seienden 32
- Internet der Dinge 5, 28, **32**, 36, 45, 54, 63, 169, 197, 203, 529, 533 f, 562, 565
- Internet-Abhängigkeit 64
- Internet-Adresse 597
- Internet-Anbieter 221, 234 f, 307, 493
- Internet-Angebot 51, 252, 382, 414
- Internet-Anwendung 561, **611 ff**
- Internet-Auftritt 84, 263
- Internet-Auktionshaus 246
- Internet-basierte Befragung 252
- Internet-basierte Beobachtung 252
- Internet-Benutzer 49, 253
- Internet-Bezahldienst **236 f**
- Internet-Boom 226
- Internet-Dienst 30, 51, 229, 250, 534, 599
- Internet-Dienstanbieter 227, 596, 613
- Internet-Handel 26, 42, 226
- Internet-Kanal 263
- Internet-Kriminalität 69
- Internet-Markt 221, 226
- Internet-Nutzung 48, 50, 52, 62
- Internet-Portal 45, 94, 167, **227**, 230, 266, 302, 389
- Internet-Protokoll 561 f, 584, **593 ff**, 611, 616
- Internet-Protokollfamilie 596
- Internet-Router 65, 390
- Internet-Schicht **597 f**

- Internet-Standard 438
- Internet-Startup-Unternehmen 239
- Internet-Unternehmen 46, 226, 438
- Internet-Verkehr 596
- Internet-Versandhändler 72
- Internet-Vertrieb 236, 256 f, 262 f
- Internet-Werbung 265 f
- Internet-Zugang 51 f, 60, 62, 75, 227
- Internet-Zugangsanbieter 52
- Internet-Zugriff 532
- Interoperabilität 170, 357, 484, 580
- Interorganisationssystem **268**
- Interpretation 187, 302, 313, 442, 449, 492, 514
- Interprete *541, 542*
- Intraprozesskommunikation 551
- Intrusion Detection 419
- Inventurdifferenz 318
- Investition 104, 181, 225, 334, 336
- Investitionsgüter 213, 262
- Investitionsrechnung 325
- IoT 32
- iOS 17, 417, 550, 557
- IoT 32, 529, 550, 601, 612
- IoT-Dienst 611
- IP 292, 594, 596 ff, 603 ff
- IP-Adresse 252 f, 593, 597, **598 ff**, 613 f
- IP-Kopfteil **602 f**
- IP-Nutzdaten **602 f**
- IP-Paket 593, **602 ff**
- IP-Protokoll 597
- IP-Version 602 f
- iPad 261
- iPhone 237, 594
- IPv4 599 ff
- IPv4-Adresse 599 ff, 613
- IPv4-Netz 600
- IPv4-Paket **602**
- IPv6 600, 602, 604
- IPv6-Adresse 600, 602
- Iran 69, 414
- Irreversiblen Festwertspeicher 521
- IS 216, **217, 354**
- IS-Analytiker → Systemanalytiker
- IS-Antrag 350
- IS-Architektur 333, 335, 341, 349 ff, 376
- IS-Betreiber **220**
- IS-Betrieb 82, 219, 332 ff, 339, 342, **353, 374 ff, 382 ff**, 416
- IS-Budget 342
- IS-Einführungsprojekt 369
- IS-Entwickler 41
- IS-Entwicklung 79, 219, 332, 334, 339, **349 ff**, 374, 378, 434
- IS-Entwicklungsphase 369
- IS-Entwicklungsprojekt 338, 342, 369
- IS-Entwicklungsprozess **367 ff**
- IS-Entwicklungsprozessmodell **368**
- IS-Entwicklungstätigkeit 354, 356
- IS-Entwicklungsteam 372
- IS-Entwurf 356
- IS-Großprojekt 369
- IS-Infrastruktur 239, 333
- IS-Komponente 250
- IS-Kontrolle 342
- IS-Landschaft 303, 333
- IS-Lebenszyklus 43
- IS-Management 135, **332 ff**, 342, 351, 411
- IS-Managementtätigkeit 354
- IS-Maßnahmenplanung 341
- IS-Migrationsplan **351 f**
- IS-Organisator **83**
- IS-Personal 342
- IS-Plan 337, 342
- IS-Planung 304, 332, **333 ff**, 349 ff
- , langfristige **335**
- , strategische → strategische Informationssystemplanung
- IS-Produkt 340
- IS-Projekt **333**, 349 ff
- IS-Projektplanung 333 ff, 349, **350**
- IS-Projektportfolio 333, **350 f**
- IS-Ressource 341
- IS-Strategie 79 ff, 335, **337**, 339 ff
- IS-Vision 341
- IS-Wartung 339
- IS-Ziel 341
- IS_Planung 198, 334, 340
- ISDN 570
- Ishikawa-Diagramm 115
- ISM-Band 567
- ISO 582
- ISO 10646 452
- ISO-8859-Zeichensatz 451 ff

- ISO-OSI-Referenzmodell 593
- ISO-Standard 449
- ISO/IEC 451
- ISO/OSI-Referenzmodell **582**, 584, 589, 593, 596 f
- ISO/OSI-Schichtenmodell → ISO/OSI-Referenzmodell
- Isolation 465, 609
- Istanalyse 322
- Istdaten 201 f
- Istkosten 185
- Istmodell 101 f, 111, **134 f**
- Istprozessmodell 102, 111, 114, 135
- Istwert 325, 329
- IT
 - , grüne 50, **66**
 - IT-Abteilung 77, 79, 81 f, 148, 150, 298, 335 f, **339**, 341 f, 350, 415
 - IT-Anbieter 81
 - IT-Anwender 82, 343
 - IT-Arbeitsmarkt **76**
 - IT-Aufgabe 81
 - IT-Ausbildung 51
 - IT-Ausstattung 49, 51
 - IT-Auswirkung 44
 - IT-Benchmark 49
 - IT-Berater 45, 47 f, 76, **86**, 344
 - IT-Beruf 51, 76, 82, **86**
 - IT-Berufsbild 39, **81**, 137
 - IT-Beschaffung 82
 - IT-Branche 46 f, 55, 71, 74 ff, **77 ff**, 313, 338, 341
 - IT-Branchenverband 57, 69
 - IT-Compliance **71**
 - IT-Controlling **336**
 - IT-Costcenter **79 f**
 - IT-Dienstleistung 29, 47, 81 ff, 338, 342
 - IT-Diffusion **50**
 - IT-Durchdringung 335
 - IT-Einsatz 39, 44 f, 48, 56, **57 f**, 68, 70
 - IT-Entwicklungsland 51
 - IT-Fachkraft 44, 76 f, 81
 - IT-Fachkräftemangel 54
 - IT-Folgenabschätzung 41, 43 f
 - IT-Förderung 41, 44
 - IT-Governance 41, 44, **336 ff**
 - IT-Grundrecht **426**
 - IT-Hersteller 4, 52, 66, 85, 166
 - IT-Infrastruktur 48 ff, 55, 73, 82, 169, 250, 337, 342, 429
 - IT-Investition 180
 - IT-Kenntnisse 81
 - IT-Kennzahl 49
 - IT-Know-how 54
 - IT-Komplettanbieter 344
 - IT-Komponente 66, 180, 411
 - IT-Kosten 80, 313
 - IT-Leiter 77, **82**, 313, 334, 337, 339
 - IT-Lieferant 411
 - IT-Marketing 83
 - IT-Markt **46 f**, 51, 341
 - IT-Mitarbeiter 73, 81, 336, 341
 - IT-Nichtnutzung 49
 - IT-Nutzeffekte 42
 - IT-Nutzung 42, 48 ff
 - IT-Organisation 39, 76, **77**, 81 f, 340 ff
 - IT-Organisationseinheit 78 f
 - IT-Outsourcing 54
 - IT-Partner 82
 - IT-Personal 81
 - IT-Potenzial 166
 - IT-Produkt 18, 47, 82
 - IT-Profitcenter **79 f**
 - IT-Projektmanagement 76
 - IT-Prüfer 338
 - IT-Ressource 338
 - IT-Risiko 337
 - IT-Service 338, 375
 - IT-Sicherheit → Informationssicherheit
 - IT-Spezialist 85
 - IT-Technik **165 f**, **175**
 - IT-Trainer **86**
 - IT-Unternehmen 42, **46**, 48, 77, 271
 - IT-Unterstützung **256**, **260**, **262**, **264**, 302
 - IT-Verfügbarkeit 48 f
 - IT-Verkäufer → Vertriebsbeauftragter
 - IT-Weiterbildung 51
 - Itanium 517
 - Iteration 113, 354 f, 363, 371 f
 - Iterationsschritt 363
 - Iteratives Entwicklungsprozessmodell 368 ff
 - ITIL 107, 135, 338, 375
 - ITK **46 f**

ITU-T 570 f
iTunes 223

J

Jam-Signal 587
Java 501, 544
JavaScript 481, 488, 544
Jl-Richtlinie 430
JiT 273
Join 475
Journal-basiertes Dateisystem 554
Joystick 510
JSON 479 ff, 498, 616
JSON-Dokument 481, 496
JSON-Objekt 481
Just-in-Time-Belieferung 273

K

Kabel
–, Breitband- 574
–, Glasfaser- 565, 569, 573 f
–, Koaxial- 573, 574
–, Kupfer- 565, 569, 573 ff
–, paariges 573
–, Strom- 573
–, Telefon- 574
–, Twisted Pair- → Verdrilltes Kupfer-
kabel
–, Verdrilltes Kupfer- 573 f
Kabelbündel 574
Kabellänge 574, 591
Kabelloses Übertragungsmedium
→ drahtloses Übertragungs-
medium
Kabelsegment 589
Kabeltyp 574, 581
Kalender 55, 63
Kanal 386, 571 ff
–, logischer 571 f
–, physischer 571
–, verdeckter 386
Kanban 202
Kannibalisierung 263 f

Kante 138, 149, 151 ff, 291, 458 f, 479, 491,
579, 596
–, gerichtete 149, 291, 458 f, 491
Kapazitätsmanagement 375
Kapazitätsplanung 196, 198 ff
Kapazitätssteuerung 262
Kapitalbindung 193, 263, 297, 313
Kaplan 326, 328
Kapselung 169
Kardinalitätsverhältnis 157, 158 f
Karrieregespräch 190
Karte 202, 465
–, Chip- 395 f, 530 f
–, Debit- 25
–, Grafik- 518, 528
–, Kontaktlose Chip- 531
–, Kredit- 25, 35, 156, 222, 235 f, 254, 388,
530
–, Kunden- 25, 34 f, 289, 316
–, Netzwerk- 510
–, Prozessland- 101, 106 ff, 152
–, Speicher- 522
–, Steck- 564
Kartellbildung 240
Kartenleser 395
Kartenmaterial 230
Kassendaten 300
Kassenhaltung 323
Katalog 258
–, elektronischer 25, 218, 258
–, Hierarchischer Web- 220
–, Web- 220, 238
Katalogaggregation 239
Katalogversand 205, 263
Kategorie 357, 362, 484, 546
Kaufanbahnung 263
Käufer 215, 235, 236 ff, 265, 270, 289, 343
Kauftransaktion 248, 270
Kaufverhalten 289, 300, 427
Kennwort 388, 393 ff, 414 f, 420, 556
Kennzahl 309, 311 ff, 324 ff
Kennzahlensystem 325, 326, 329
Kennzahlenvergleich 302, 313
Kennzahlenwert 313
Kernberuf 81, 86
Kernel 549
Kernprozess 9, 106, 108, 152

- Key Performance Indicator 311, 314
- Keylogger 428
- Kibi 442
- Klartext 397, 399, 420, 606
- Klasse 19, 100, 114, 135, 202, 222, 291, 482, 492, 544
 - , Adress- 599ff
 - , Benutzer- 420
 - , RDF- 492
 - , Unter- 110
- Klassifikation 216f, 229, 233, 238f, 288, 518f, 525, 578f, 601
- Klassifizierungsmerkmal 265
- Klassisches Wasserfallmodell 368
- Klausel
 - , WHERE- 478
- Kleinpreisartikel 235
- Klickstromanalyse 291
- Klient 168, 535, 604ff
 - , E-Mail- 613
 - , Web- 606ff, 616
- Klientenprogramm 535, 603f
- Klingelton 223
- Klingonisch 453
- Kluft
 - , digitale → Digitale Spaltung
- Knoten 291, 458ff, 479, 488, 491, 579, 586, 596
 - , Gerichteter azyklischer Graph mit Wurzel- 459
 - , Nachfolger- 459f
 - , Netzwerk- 564
 - , Vermittlungs- 598, 602
 - , Verteiler- 590
 - , Vorgänger- 459f
 - , Wurzel- 459
- Know-how 52, 341, 343
- Koaxialkabel 573, 574
- Koaxialleiter 574
- Koaxleitung 566
- Kohärente Ressourcenallokation 238
- Kohäsion 169, 547
- Kollektives Anreizsystem 238
- Kollektivwerbung 265
- Kollision 586f
- Kollisionsbehandlung 587
- Kommandozeilenargument 542
- Kommazahl 444, 447f
- Kommerzielle Software 343, 344ff
- Kommerzielle Standardsoftware 344
- Kommissionierung 25, 94, 193, 206
- Kommunikationsanwendung 581, 597, 603
- Kommunikationsaufgabe 562
- Kommunikationsdienst 75, 227
 - , höherwertiger 75
 - , Tele- 51
- Kommunikationsendpunkt 603
- Kommunikationsform 562
- Kommunikationsfunktion 51, 312
- Kommunikationsinfrastruktur 5, 7, 10, 85, 218, 349, 580
- Kommunikationskanal 45, 249f, 396, 398, 551
 - , sicherer 45
- Kommunikationsmedium 224, 386, 583
- Kommunikationsnetz 65, 458, 566
- Kommunikationspartner 224, 387, 398, 400, 404, 406, 424, 570, 581ff, 588, 591f, 604
- Kommunikationspolitik 204f, 216, 219, 251, 253, 256, 264, 294
- Kommunikationsprotokoll 170, 401, 580ff, 605
- Kommunikationssicherheit 71, 383, 384
- Kommunikationssystem
 - , offenes 580
- Kommunikatives CRM 250f
- Kompatibilität 224
- Kompensationsgeschäft 215
- Kompetenz 50, 64, 120, 328
- Kompilierer 541
- Komplementärleistung 261
- Komplettpaket 171
 - , betriebswirtschaftliches 175, 179
- Komplexer Datentyp 456f
- Komplexes Datenelement 456f
- Komplexität 10, 112f, 130, 142, 144, 367, 508
- Komplexitätsreduktion 65
- Komponente 123, 167ff, 250, 251, 259, 276, 296ff, 361ff, 496, 545ff
- Komponentenbildung 547

- Komponentenorientierte Softwareentwicklung 344, 548f
- Komponentenorientiertes System **549**
- Komponentenstruktur 168, 171
- Kondensator 515, 519
- Kondition 242, 323, 341
- Konfiguration 592f
- Konfigurationsmanagement 354ff, **366**, 370, 375, 377
- Konfliktlösungsdienst **233f**
- Konjunktur 76, 281, 341
- Konkretes Datenmodell 462, 468f
- Konkretisierung 304, 433
- Konkurrierendes Zugangsverfahren 586
- Konrad Zuse 543
- Konsensverfahren 408
- Konsistenz 26, 105, 259, 304, 464f, 473, 497f
 - , schwache 497
 - , strenge 465, 497f
- Konsolidierung 182, 324
- Konsortiengeführter Marktplatz 239f
- Konsortium 217, 220, 239
- Konstante **455**, 539
- Konsumeffekt **225f**
 - , positiver **225f**
- Konsument **214**, 317
- Konsumenten-IS 24, 217, 220
- Konsumenteninformationssystem **19**, 31, 219f, **254ff**
- Konsumgut 73, 213
- Konsumgüterhersteller 296
- Kontaktbildschirm → berührungsempfindlicher Bildschirm
- Kontaktlos 24f, 237, 531
- Kontaktlose Chipkarte 531
- Kontaktloses Bezahlen 24f
- Kontenart 181ff
- Kontinuierliche zweiseitige Auktion **248**
- Konto 94, 96, 181f, 236, 408
- Kontonummer 182
- Kontounterdeckung 237
- Kontrahierungsfrist 233
- Kontrollaktivität 120, 338
- Kontrollfluss 98
- Kontrolliertes Vokabular 489, 492
- Kontrollkosten 215
- Konzeptionelle Schicht 467, **468**
- Konzeptionelles Datenmodell 157, 462, 467ff
- Konzeptionelles Modell 157, 454, 468
- Konzeptionelles Schema 467ff
- Konzeptionsphase 355
- Konzern 33, 35, **187**, **191**, 206, **207**
- Kooperation 364
- Kooperationsmodell 31, **271ff**
- Koordinate 490
- Koordination 99, **100**, 176, 216, **217**, **219**, **269f**
 - , hierarchische 217, 270
 - , netzwerkartige 270
- Koordinationsaufwand 54, 113, 118, 275
- Koordinationsseffizienz 239
- Koordinator 119, 587
- Koordiniertes Zugangsverfahren 586
- Kopfteil 602, 607
- Kopfzeile 607
- Kopierschutz 223f
- Kopplung 168, **169**, 201, **547f**, 562, 589
 - , enge 547
 - , lose 547
- Kopplungseinheit 85, **589ff**
- Koprozessor 525
- Körperliches Merkmal 395
- Körpernetzwerk 580
- Kosten 185ff, 215, 361, 411f, 580
 - , Anschaffungs- 4, 179
 - , Distributions- 223
 - , Einzel- 185
 - , Energie- 66
 - , Entwicklungs- 171, 223, 343, 347, 361
 - , Fix- 185, 225
 - , Gemein- 185f
 - , Implementierungs- 275
 - , Informations- 6, 43
 - , Ist- 185
 - , IT- 80, 313
 - , Kontroll- 215
 - , Lagerhaltungs- 93, 299
 - , Opportunitäts- 215
 - , Personal- 6, 191, 313
 - , Plan- 185, 187
 - , Primär- 186
 - , Sekundär- 186, 322

- , Stück- 222, 261
- , Such- 215
- , Transaktions- **215**, 237, 260, 270 ff
- , Vertriebs- 225
- , Vervielfältigungs- 222 f
- , Verwaltungs- 327
- , Wechsel- 226
- Kosten-Nutzen-Betrachtung 180
- Kostenart **185 f**, 326
- Kostenartenrechnung 185 f
- Kostenrechnung 106, 110, 168, 181 ff, 463
- Kostenrechnungskreis 186, **187 f**
- Kostensenkungsprogramm 295
- Kostenstelle 149, **185 ff**
- Kostenstellenrechnung **185 ff**
- Kostenstruktur 29, 73, 322
- Kostenträgerrechnung **185 ff**
- Kostenvorteil 22, 171, 306
- KPI → Key Performance Indicator
- Krankenkasse 180
- Kredithistorie 288
- Kreditinformationsdienst **233 f**
- Kreditkarte 25, 35, **156**, 222, 235 f, 254, 388, 530
- Kreditkartenabbuchung **236**
- Kreditkartendaten 98, 236
- Kreditkartengesellschaft 214
- Kreditkartenzahlung 237
- Kreditor 168, **183 f**
- Kreditorenbuchhaltung 106 f, 110, 181
- Kreditorenverwaltung 177
- Kreditwürdigkeit 9, 150, **156**, 232, 406
- Kriegsführung **413**
- , informationstechnische **413**
- Kritische Infrastruktur 562, 612
- Kryptoanalyse 397
- Kryptografie 397, **398 ff**, 525
- , asymmetrische 397, **398 ff**
- , symmetrische 397 ff
- Kryptografieverfahren 397, **398**, 402, 404
- Kryptografische Prüfsumme **393**, 466
- Kryptografischer Hash-Wert 393, 408, 410
- Kryptografisches Verfahren 238, 384, 386, 400 f
- Kryptowährung 69
- Kundenabwanderungsanalyse 294
- Kundenakquisition 253, 258
- Kundenansprache 28, 45
- Kundenauftrag 9, 199, 201, 204, 323
- Kundenauftragsabwicklung 9
- Kundenbericht 317
- Kundenbetreuung 86, 215
- Kundenbewertung 302
- Kundenbeziehungsmanagement 167, 177, 212, 219, 249, 291, 294, 322, 348
- , elektronisches 212
- Kundenbeziehungsmanagementsystem 28, 212, **248 ff**
- Kundenbindung 28, 255, 257, 264
- Kundenbindungsprogramm 427
- Kundendaten 250, **251**, **253**, 290, 428, 468
- Kundendifferenzierung 250
- Kundenerwartung 300
- Kundenfrequenz 316 f
- Kundengewinnung 9
- Kundengruppe 28, 45, 208, 249, 251, 255, **289**, 309, 313
- Kundenkarte 25, 34 f, 289, 316
- Kundenkartenbesitzer 317
- Kundenkategorie 254
- Kundenkontakt 152, 256, 262
- Kundennummer 207, 419, 427, 456, 480
- Kundenperspektive 327 f
- Kundenprofil 212, **249**, 252, 254
- Kundensegment 72 f, 249
- Kundensegmentierung 289, 317
- Kundensicht 260, 328
- Kundenstamm 207, 261
- Kundenstock 226
- Kundenzufriedenheit 108, 146, 263, 373
- Künstliche Intelligenz 45, 59, 84, **284**
- künstliches Attribut 161
- Künstliches neuronales Netz **291 f**
- Kunststofffaser 574
- Kupferdoppelader → Zweidrahtleitung
- Kupferkabel 565, 569, **573 ff**
- , verdichtetes **573 f**
- Kurve
- , elliptische 398
- Kurzmitteilungsdienst 30, 42

L

- L1-Cache 526f
- L2-Cache 520, 526f
- L3-Cache 520, 526f
- Laden
 - , dynamisches 542
- Ladeneinrichtung 281, 300
- Ladevorgang 304, 542
- Lagerbestand 24, 31, 93, 147, 154, 188, 193, 199, 202, 228, 272f, 297, 313, 412, 488
- Lagerbuchhaltung 193
- Lagerhaltung 24, 56, 59, 105, 166, 192f, 257, 277
- Lagerhaltungskosten 93, 299
- Lagerort 182, 194f, 207
- Lagerumsatz 272
- Lagerumschlagshäufigkeit 313, 322
- LAN 579f, 587
- Langfristige IS-Planung 335
- Laptop-PC → Notebook-PC
- Laserlichtimpuls 574
- Latenz 568, 569ff
 - , Arbeitsspeicher- 528
 - , Empfangs- 571
 - , Sende- 571
- Latin-1 451
- Latin-2 452
- Laufzeit 123, 511, 538, 543, 553
- Laufzeiteffizienz 357, 554
- Lebensmitteleinzelhandel 149, 182f, 187, 191, 197, 206, 207, 298, 315, 317
- Lebensmitteleinzelhändler 314, 315
- Lebensmittelfilialbetrieb 160, 281, 297, 350
- Lebensmittelhandel 147, 287, 312f
- Lebenszyklus 101ff, 203
- Lebenszyklusmodell 92, 99, 101
- Ledger 181f, 406ff, 433
- Leerzeichen 450
- LEH → Lebensmitteleinzelhandel
- LEH-Filiale 182f, 187, 191, 206f
- LEH-Fleischproduktions-GmbH 183, 187, 191, 207
- LEH-Franchising 183, 187, 191, 207
- Lehrveranstaltung 86, 287
- Leichtgewichtiges Entwicklungsprozessmodell 372
- Leistungsaufnahme 529f
- Leistungserstellung 3, 7, 14, 31, 57, 91, 108, 152, 196, 204, 270
- Leistungsindikator 313f, 528
- Leistungsmessung 83f, 311, 313f
- Leistungsmodell 72
- Leistungssticht 98, 143f, 149f
- Leistungsspezifikation 83
- Leistungssteigerung 84, 507f, 519
- Leistungsverrechnung 186
- Leistungsverzeichnis 194
- Lernen 2, 23, 42, 45, 84, 233, 284, 285f, 291, 295, 328f, 503, 537, 592
 - , maschinelles 23, 45, 84, 284, 285f, 291, 295
- Lernverfahren 285f, 291
- Lesegerät 531
- Lesespeicher → Festwertspeicher
- Licht
 - , sichtbares 566
- Lichtgeschwindigkeit 565, 569
- Lichtwelle 569
- Lichtwellenleiter 566, 571, 574ff
- Lieferant 183, 212ff, 272f, 324
- Lieferantenbewertung 228
- Lieferantenbeziehungsmanagement 177, 216, 219, 268
- Lieferantenportal 228
- Lieferantensuchdienst 229
- Lieferkette 17, 24, 31, 33, 40, 194, 201, 213, 271f, 276, 277, 480
- Lieferkettenanalyse 277
- Lieferkettenmanagement → Supply-Chain-Management
- Lieferplanung 277
- Lieferqualität 93
- Lieferschein 96, 147, 193, 208, 480
- Lieferzeit 9, 73, 93, 229, 322
- Lieferzyklus 274
- Likejacking 418
- Lineare Liste 407, 460f
- Linienorganisation 270
- Link 234, 414, 418, 482, 583
- Linked Open Data 490
- Linux 341, 345, 454, 529, 550, 557

LISP 544
 Liste
 –, lineare 407, **460f**
 Listenelement 460
 Literal 491
 Lizenz 345
 –, BSD- 345, 529, 550
 –, GPL- 345
 –, Open-Source- 345
 LLC → Verbindungskontrolle
 Lock-in-Effekt 226, 261
 Logdaten 125
 Logik 486
 Logische Datenunabhängigkeit 467ff
 Logische Programmiersprache 538, 544
 Logischer Kanal **571f**
 Logisches Programm 8
 Logistik 73, 148f, 154f, **192**, 196, 271, 274,
 332, 336, 350
 Logistikdienstleister 9
 Logistikkette 271
 Logistikleistung 272
 Lokales Netz 564, 579f, 584, **592f**, 596, 598
 Löschoperation 473
 Löszyklus 521ff
 Lose gekoppeltes System 365
 Lose Kopplung 547
 Losgröße 198
 Losgrößenberechnung 199
 Lünendonk-Liste 47

M

M-Commerce 429
 M2M 32, 434, 616
 MAC → Zugangsverfahren
 MAC-Adresse 585, 592, 597f
 Machbarkeitsstudie 351
 Machine-to-Machine → M2M
 Mächtigkeit 539, 543
 macOS 550, 557
 Magnetplatte 416, 510, 518, 523
 Magnetspeicher 522
 Mahnwesen 324
 Mail User Agent 614
 Mainframe 531
 Makler 247
 Management 186, 190ff, 205, **277**, 353
 Management by Exception 325
 Management Information System 280
 Management
 –, operatives 7, 320
 –, strategisches 277, 320, 342
 Management-Cockpit 84, 285, **314f**
 Managementaufgabe 101, 196, 279, 283
 Managementinformationssystem → Managementunterstützungssystem
 Managementprozess 9, 106, 108, 152, 320
 Managementtätigkeit 354f
 Managementunterstützung 170, 279, 320
 Managementunterstützungssystem **7f**, 173,
 217f, **279f**, 314, **320ff**
 Manager 125, 280, 302, 309f, 357
 Mandant 173, 181, 183, 191, 195, 207
 Mandantenfähig **173**
 Mantisse 448
 Manuelles Subsystem 11
 Manufacturing Execution System 201, **202**
 MapReduce 496f
 Mariposa 390
 Markenlogo 267
 Markenwahl 256
 Marketing 8, 28, 56, 70, 77ff, 106f, 110,
204f, 213, 216f, 220, **267f**, 271, 274,
 298, **303**, 317f, 323f, 337
 –, 1:1- 24, 28, 263
 –, Direkt- 256, 264, 289
 –, IT- 83
 –, virales **267**
 Marketingaktivität 25, 294
 Marketingentscheidung 188, 253
 Marketinginformationssystem 204f, 216ff,
 248, 255
 Marketinginstrument 250, 255, 263
 Marketingpolitik 218, 253, 263f, 427
 Markierung 402, 482, 484f
 Markt
 –, Absatz- 29, 188, 213, 219
 –, Arbeits- 44, 213
 –, B2B- 19, 268
 –, B2C- 19
 –, elektronischer **17ff**, 24, 29, 31, 212, 214,
 219f, 236, **238ff**, 268

- , Internet- 221, 226
- , IT- **46 f**, 51, 341
- , vertikaler 239, **240**
- Marktabgrenzung 254
- Marktänderung 364
- Marktanteil 20, 237, 523
- Marktbetreiber 248
- Marktdominanz 226
- Markteinführung 261, 514
- Marktentwicklung 251
- Markterschließung 261
- Marktforschung 250 f, 283, 324
- Marktinformationssystem 218
- , horizontales 218
- , vertikales 218
- Marktkapitalisierung → Börsenwert
- Marktnische 42
- Marktplatz 29, 74, 225, 238 ff, **241 f**, 246
- , elektronischer 74, 238, 241 f, 246
- , horizontaler 240, **241**
- , konsortiengeführter 239 f
- Marktplatzbetreiber 240, 248
- Marktsegmentierung 250, 254, 258, 286
- Marktstandard 477
- Marktstellung 48
- Marktstrategie 337
- Marktteilnehmer 16, 43, 215, 224
- Marktttransaktion 214, **215 ff**, 239, 241
- Markup **482**
- Markup-Sprache → Auszeichnungssprache
- Maschennetz 579
- Maschine-zu-Maschine-Kommunikation **616**
- Maschinelles Lernen 23, 45, 84, 284, **285 f**, 291, 295
- Maschinenbefehl → Instruktion
- Maschinencode 538, 541 f
- Maschinennahe Programmiersprache 504, 538, **539 f**, 543
- Maschinensprache 539, 541
- Maschinenzyklus 507 f
- Maske 123
- , Bildschirm- → Bildschirmformular
- Massenfertigung 197 f, 258, 524
- Massenproduktion 27, 197, 524, 532
- Massenspeicher 85, 307, 509, 522, 557
- Massiv paralleler Rechner 515
- Master-Slave-Prinzip 498
- Material Requirements Planning 193, 198 ff, 277
- Materialbedarfsermittlung 203
- Materialbestand 192, 195
- Materialstammdaten 202, 207 f
- Materialwirtschaft 2, 8, 77, 79, 94, 149, 151, 163 ff, 171, 174 f, 181, 185 f, **192 ff**, 202, 204, 297, **303**, 323, 463
- Materielles Gut 222, 224 f
- Mathematik 84 f, 147, 540
- Maus 510, 535
- Maya 443
- Maßnahmenplanung 340, **342**
- MCU → Microcontroller Unit
- MD5 393
- Mebi 442
- Mediator 43, 234
- Medienbruch 115, 170, 179, 274
- Medium
- , soziales 24, 76, 86, **87**, 433
- Mega 441 f
- Megahertz 528, 566
- Mehrbenutzerbetrieb **556**
- Mehrfachfertigung 197
- Mehrfachnutzung 566
- Mehrkernarchitektur 514
- Mehrkernprozessor **513 f**, 526
- Mehrprogrammbetrieb 514, **552**, 554, 556
- Mehrprozessorsystem **513**, **515**
- Mehrpunkt-Adressierung **585**
- Mehrpunktadresse 599, 601
- Mehrpunktadressierung 585
- Mehrwert 169, 546
- Mehrwertiges Attribut 456 f, 473, 481, 496
- Meldung 202, 386 f, 391, 398, 408, 569, 571, 581, 597, 606 f, 614
- , HTTP- **607**
- Meltdown 414
- Mengenplanung 196, 198 f
- Mengenrabatt 225
- Menschlicher Fehler **415**
- Mercurial 393
- Merkmal
- , körperliches 395
- Mertens 8, **282**, 302, 308, 321
- MES → Manufacturing Execution System

- Messaging
 - , instant 227
- Messgenauigkeit 439
- Metadaten 230, 304f, **489**, 554f
- Metainformation 230
- Metasprache 482
- Methode 113ff, **285**, 397
- Methodenbank 297, 305, 321
- MFA → Multifaktorauthentifizierung
- Microcontroller Unit **529**
- microSD 522
- Microsoft 46, 56, 75, 219, 229, 307, 344, 348, 404, 454, 463, 484, 537, 550
- Microsoft Azure 56, 75
- Microsoft Office → MS-Office
- Microsoft Office 365 56
- Microsoft Outlook 404
- Microsoft SQL Server 463
- Microsoft Windows 417, 454, 550
- Middleware 545f, 557, 615
- Migration 360
- Mikrochip 515
- Mikrocontroller **529**
- Mikroelektronik 515, 529
- Mikrofon 510
- Mikroprozessor 448, 507, 515, 521, **525**, **527f**
- Mikroprozessorarchitektur 508
- Mikrowelle 566f
- Mikrozahlung 235, 237
- MIMD-Architektur 512f
- MIME-Format 608f
- Minicomputer 76, 531ff
- Mining 124f, 284, 408
 - , Bitcoin- 408
 - , Data- 84, 250, **284**, 294, 317, 319f, 428
 - , Process- 84, **125f**, 284
 - , Text- 84, 284, **294**
- Minuzie 395
- Mirai 390
- MIS → Management Information System
- Mischberuf 81
- MISD-Architektur 512f
- Mitarbeiterförderung 191
- Mitarbeiterqualifikation 190
- Mitarbeiterschulung 365
- Mitbuchtechnik 183
- Mitgliederbewertung 234
- Mitgliedschaftsmodell 74
- Mitteilung 430
- Mittelstandssoftware 175
- MMS 227, 593
- Mobiles Endgerät **28ff**, 45, 169, 237, 493, 516, 522, 532, 576
- Mobilfunk 42
- Mobilfunkstandard 578
- Mobilität 60, 576
- Mobiltelefon 429, 524, 532
- Modell **134ff**, 284f
 - , Agiles Entwicklungsprozess- 368, **372f**
 - , ARIS- 145
 - , Betreiber- 239
 - , Chinese-Wall- 422
 - , Daten- 157, 178, 306, **309**, 318, 438, 462, 467ff, 477, **478ff**, 487, 491, 494, 496, 501
 - , Dienstleistungs- 227, **615**
 - , Direktvertriebs- 74
 - , Dreischichten- 467f
 - , Entity-Relationship- 156, **157ff**, **203**, 358, 454, **473f**
 - , Entscheidungs- 280, **296f**
 - , Entwicklungsprozess- **368ff**
 - , ER- → Entity-Relationship-Modell
 - , Ertrags- 72, **239f**
 - , eTOM- 107, 135
 - , Geschäfts- 20f, 31, 40, 45, **71ff**, 429
 - , Hierarchisches Daten- 469, 478, **479f**, 496
 - , Informationsvermittler- 74
 - , Inkrementelles Entwicklungsprozess- 368, 371
 - , Ist- 101f, 111, **134f**
 - , Istprozess- 102, 111, 114, 135
 - , Iteratives Entwicklungsprozess- 368ff
 - , Klassisches Wasserfall- 368
 - , Konkretes Daten- 462, 468f
 - , konzeptionelles 157, 454, 468
 - , Konzeptionelles Daten- 157, 462, 467ff
 - , Kooperations- 31, **271ff**
 - , Lebenszyklus- 92, 99, 101
 - , Leichtgewichtiges Entwicklungsprozess- 372
 - , Leistungs- 72

- , Mitgliedschafts- 74
- , Multidimensionales Daten- 309
- , Netzwerkdaten- 469, 478, **479**
- , Netzwerkeffekt- 74
- , Prognose- 262, 287, 322
- , Prozess- 102f, 109f, 117, 122ff, 135, 137, 142, 154, 368, 372, 376, **377**
- , RDF- **491**
- , Referenz- **107**, 134f, **271f**, 338, 561f
- , Reifegrad- 49
- , Relationales Daten- 438, **469**, 471, 474, 477, **478f**, 487
- , Relationen- 469f
- , Schichten- 169, 582, **596f**
- , Sequenzielles Entwicklungsprozess- **368**
- , Softwareistributions- 348
- , Softwareentwicklungsprozess- **368f**
- , Soll- 102, **134f**
- , Sollprozess- 102, 118, 135
- , Spiral- 368ff
- , Technologie-Akzeptanz- 14
- , Vermittler- 74
- , Versorger- 75
- , Vertriebspartner- 74
- , Vorgehens- 71, 234, 327, 331f, 350, **367ff**
- , Warteschlangen- 117
- , Wasserfall- 368
- , Zugriffskontroll- 382, 392, 421f
- Modellauswahl 84, 285
- Modellauswertung 84, 285
- Modellbank 297, 305, 321
- modellbasiert 283
- Modellberechnung 301
- Modellbeschreibung 130
- Modellerstellung 84, 285
- Modellierung **129ff**, **150ff**
- , multidimensionale 316
- , ordnungsmäßige 140, **141**
- Modellierungsgegenstand 136
- Modellierungsqualität **140**
- Modellierungssprache 112, 130, 137, **138**, 140f, 144f, 152, 154, 156f, 284, 371
- Modellierungszweck 137f, 141
- Modem **564**, 567, 571
- , Telefon- 564, 570
- Modifikationsdatum 554
- Modul 186, 194, 205, 259, 276, 298, 307, 321, 361
- Modulares System **11**
- Modularisierung 169, 174
- Modulation
- , Amplituden- 567f
- , Frequenz- 567f
- , Phasen- 567f
- , Quadraturamplituden- 568
- , Trellis-Code- 568
- Modulationsverfahren **568**, 583
- Modultest **361f**
- MOLAP → Multidimensionales OLAP
- MongoDB 463, 496, 498f
- Monitor 65, 124
- , Netzwerk- 85
- Monitoring 68, 124f, 234, 378
- Monolithisches System **549**
- Monopolisierung 226
- Mooresches Gesetz 516
- Mozilla Thunderbird 345, 404, 614
- MP3-Musikstück 224
- MRAM 518, 524
- MRO-Artikel 241
- MRP → Material Requirements Planning
- MRP II **200f**
- MS-DOS 550
- MS-Office 56
- MUA → Mail User Agent
- Multi Cloud 615
- Multibyte-Zeichensatz 452
- Multidimensionale Datenanalyse 302
- Multidimensionale Modellierung 316
- Multidimensionales Datenbankverwaltungssystem 311
- Multidimensionales Datenmodell 309
- Multidimensionales OLAP 311
- Multifaktorauthentifizierung **396**
- Multilaterale Verhandlung 242
- Multiplexbetrieb
- , Frequenz- 573
- Multiplexing **571ff**
- , Frequenz- **572f**
- , räumliches 577
- , Zeit- **572f**
- Multiplexverfahren → Multiplexing
- Multiplikationseffekt 594

Multiprozessorsystem → Mehrprozessor-system
 München 501
 Mundpropaganda 267
 MUS → Managementunterstützungssystem
 Musik-Download 230
 Musikbranche 223
 Musikdatei 401
 Musikindustrie 225
 Musikstreaming-Dienst 42, 230, 307
 Musikstück 31, 222ff, 232, 235, 402, 439, 454
 Mustererkennung 285
 mySAP 175
 MySQL 345, 463

N

n:m-Beziehung 158, 474, 479
 Nachbesetzung 42, 189, 191
 Nachfolgerknoten 459f
 Nachfragebedürfnis 257
 Nachfragekurve 247
 Nachlieferung 24, 31, 226
 Nachricht **222, 398f**
 –, Web-Push- 404
 Nachverfolgbarkeit 366
 Nachvollziehbarkeit 186, 357, 366, 402, 406, 466
 Nachweis erfolgter Leistungen 408f
 Nachweis von Ansprüchen 409
 NAND 522
 NAND-Flash-Speicher 518, 521ff
 Nanosekunde 507, 519
 NAS → Network Attached Storage
 NAS-Speichersystem **555**
 Nas-System 555
 National Institute of Standards and Technology 615
 Natürlicher Verbund 476
 Navigation 71, 259
 Navigationssystem 68
 Nearshoring **55**
 Nebenbedingung 370, 486
 Nebenbuchhaltung 181, 183, **184**
 Nebenläufig 153
 Negative ganze Zahl 444
 Negative Zahl 444, 446
 Nennwert 443f
 Net-Weaver 177
 Netflix 390
 Nettoertrag 313
 Nettohandelsspanne 313
 NetWeaver 174ff
 Network Attached Storage 85, **555**
 Networked Readiness Index 48
 Netz **291ff, 578ff, 592ff**
 –, künstliches neuronales **291f**
 –, lokales 564, 579f, 584, **592f**, 596, 598
 –, neuronales **291ff**, 513
 –, öffentliches 578
 –, privates 579, 613
 –, proprietäres 219
 –, vermaschtes → Maschennetz
 Netzadresse 599ff
 Netzausdehnung 579
 Netzinfrastruktur 52
 Netzneutralität **52, 595f**
 Netzplan 131
 Netzplantechnik 117
 Netzwerk
 –, Körper- 580
 –, Punkt-zu-Punkt- → Teilstreckennetz
 –, soziales 30, 42, 63f, **87**, 267, 418, 427, 479
 –, Unternehmens- 217, 219f, 268, **270f**, 592
 Netzwerkadapter **564**, 585
 Netzwerkadministrator **85**, 600
 Netzwerkadresse **598**
 Netzwerkartige Koordination 270
 Netzwerkbrücke **591ff**
 Netzwerkdatenmodell 469, 478, **479**
 Netzwerkdienst 75, 616
 Netzwerkeffekt 211f, **224ff**, 261
 –, positiver **224ff**
 Netzwerkeffektmodell 74
 Netzwerkinfrastruktur 390
 Netzwerkkarte 510
 Netzwerkknoten 564
 Netzwerkkomponente 510
 Netzwerkkonzentrator → Hub
 Netzwerkmonitor 85

Netzwerkökonomie 211, **212 ff**, 225
 Netzwerksegment 590, **591f**
 Netzwerksicherheit **384**
 Netzwerktopologie **579**
 Neuentwicklung 294, 343
 Neugründung 48
 Neuronales Netz **291ff**, 513
 Neusystem 365
 News 64, 229
 Newsgroup → Newsgruppe
 Newsgruppe 252
 Newsletter 28, 254
 Next 501
 NFC 24 f, 531
 Nicht überwachtes Lernverfahren 285f
 Nichtabstreitbarkeit 386, **391f**
 Nichtausschließbarkeit 223f
 Nichterfüllung 248
 Nichtnutzung **50f**
 Nichtrivalität 223f
 Nielsen 294, 298
 NIST → National Institute of Standards and Technology
 Nixdorf 47
 Non-Profit-Organisation 3, 92, 255, 484
 Non-repudiation 391
 Nonaka 373
 Nonce **408**
 NOR 522
 NOR-Flash-Speicher 518, 521f
 Normalform 473, 478
 –, dritte 473
 Normalisierung **473**
 Norton 326, **328**
 NoSQL 86, 493, 501
 NoSQL-Datenbanksystem 465, **493f**
 Notebook-PC 5, 32, 42, 52, 415f, 514, 522f, 532, 534, **535**, 550, 557, 613f
 NPO → Non-Profit-Organisation
 NRAM 518, 524
 NRI → Networked Readiness Index
 NSA 414
 NSA-Überwachungsaffäre 70
 Nutzdaten 584f, 602, 604, 607ff
 –, IP- **602f**
 –, TCP- **603**
 Nutzeffekt 20, 26, **255**

Nutzer 16, 51f, 70, 75, 224 f, 229, 237, 240, 246, 349, 368, 414, 427f, 534, 614
 Nutzerkreis 343
 Nutzungsbarriere 240
 Nutzungsdauer 180, 348, 522
 Nutzungsfrequenz 253
 Nutzungsfrequenz einer Website 253
 Nutzungsrecht 260, 348, 572
 Nutzungsszenario 363, 614
 Nutzungsverhalten 41

O

O3B 52
 Oberziel 20, 72, 326
 Objekt 157, 186, 421ff, **491**
 –, Daten- 144, 154, 156, **160**
 –, JSON- 481
 –, Realwelt- 160
 –, virtuelles 27
 –, Werbe- 265
 Objektidentität 471
 Objektorientierte Programmiersprache 538, 544
 Objektprogramm → Binärprogramm
 Objekttyp 133, 157, 468, 470, 473
 ODER-Gatter 153
 ODER-Verzweigung 153f
 ODR-Verordnung 234
 OECD 58
 Offener Standard 16, 410, 481, 484, 580
 Offenes Kommunikationssystem **580**
 Offenes Rechnernetz 595
 Offenes System 165, 175, 580
 Offenheit 594
 Öffentliche Adresse 406, 408, 613
 Öffentliche Ausschreibung 246
 Öffentlicher Schlüssel **398ff**
 Öffentliches Netz 578
 Öffentliches Transaktionsverzeichnis 407, 409
 Öffentlichkeitsarbeit 256, 264
 Offshore-Outsourcing 55
 Offshoring **55**
 Oktales Zahlensystem **445**
 Oktalzahl 445

- OLAP 302, **309**, 311, 315, 494
- , multidimensionales 311
- , relationales 311
- OLAP-Analyse 316
- OLAP-Bericht 318, 320
- OLAP-Server 311
- On-Demand-Computing 614
- Online Analytical Processing **309f**
- Online-Auktion 235, 242, 246
- Online-Banking 69, 237, 394
- Online-Befragung 252
- Online-Bestellfunktion 259
- Online-Bestellung 233, 430
- Online-Bezahldienst 235, 237
- Online-Dating 42
- Online-Durchsuchung 425, **426**
- Online-Fragebogen 252
- Online-Käufer 32
- Online-Shop 74
- Online-Shopping 24 ff, 34, 52
- Online-Streitbeilegung 235
- Online-Zeitung 42
- Open Government 490
- Open-Data-Portal 490
- Open-Source-Anwendungssoftware **346**
- Open-Source-Entwickler 344
- Open-Source-ERP-Paket 346
- Open-Source-Komponente 347
- Open-Source-Lizenz 345
- Open-Source-Plattform 165
- Open-Source-Produkt 347
- Open-Source-Projekt 345, 347
- Open-Source-Software 343 ff, 463, 594
- Open-Source-Softwareentwicklung 373
- OpenACS 347
- OpenBSD 550
- OpenOffice 345
- OpenPGP 404
- Operand 506, 512 f, 525, 538 f
- Operation 194, **400**, **474f**
- Operations Research 84, 201, 284, 297
- Operative Planung 320, 322, 334, 342
- Operative Produktionsplanung 196, 198
- Operativer Prozess 166, 204, 323, 364
- Operatives CRM 250 ff
- Operatives Informationssystem 7, **165**, 251, 303, 306, 321, 364, 382
- Operatives Management 7, 320
- Operator 450
- Opodo 19
- Opportunitätskosten 215
- Optimierung 34, 83 f, 276, 279, 284 f, 296, 300, 315, 541
- OR → Operations Research
- Oracle 46, 219, 311, 344, 348, 463, 484
- order-to-cash 94, 164
- Ordnung 149, **460**
- Ordnungsmäßige Modellierung 140, **141**
- Ordnungssystem 326
- Organigramm 145, **148f**, **183**, 189, 309, 459
- Organisation
- , virtuelle 17
- Organisationseinheit 15, 17, 66, 79 f, 98, 119, 133, 143 f, 147 ff, 154, 194, 207, 311, 313, 350
- Organisationsform **78ff**, 458
- Organisationsinstanz 270
- Organisationsmanagement 189
- Organisationsschlüssel 192, 206, 208
- Organisationssicht **98**, 143, 145, 147 ff
- Organisationsstruktur 118 f, 130, 142, 171, 184, **195**, 206
- Organisatorische Gliederung 181
- Organizer 83
- Originalität 403
- Originalzustand 387
- Ortsbezogene Suche 230
- Ortsbezogener Dienst 429
- OS/2 175
- OSI 582
- Österle **351**
- OTP 394
- Outlook 56, 404
- Outsourcing 9, 39 f, 44, **54**, 56, 79 ff, 120, 342, 615
- Outsourcing-Dienstleister 56
- Outsourcing-Partner 54
- Outsourcing-Projekt 55
- Outsourcing-Vertrag 54
- Overhead 185, 558, 585, 604
- Overlay-Netz 612
- Ownership **180**
- , total Benefit of **180**
- , total Cost of **180**

P

- P2P 612
- Paariges Kabel 573
- PaaS 615
- PageRank-Algorithmus 232
- Pair-Kabel
 - , twisted → Verdrilltes Kupferkabel
- Paket 34, 94, 96, 170, 179 f, 205, 584 ff, 597, 599, 602 f, 613
 - , Betriebswirtschaftliches Komplett- 175, 179
 - , Büro- 345
 - , Daten- 413 f, 510, 572, 584 ff, 593, 598, 602
 - , Ethernet- 584
 - , IP- 593, **602 f**
 - , IPv4- **602**
 - , Komplett- 171
 - , Open-Source-ERP- 346
 - , TCP- **603 f**
- Paketgröße 598, 602 f
- Paketvermittlung 572
- Palette 33 f
- PAN **579**
- Panel **252**
- Panoptismus 424
- Parallelausführung 152
- Parallelisierung 119
- Parallelverarbeitung 508, 528
- Parameter 171, 287, 291, 295, 297, 301, 607 f
- Parametrisierung 172
- Partitionierung **133**, 498
- Partitionstoleranz 498
- Partizipation 21, **61 f**, 157, **158 f**
 - , vollständige 158 f
- Partnerunternehmen 176
- Partnervermittlung 229
- Payload 584, 602
- PayPal 237, 390
- PB → Petabyte
- PC-Benutzer 55
- PC-Dichte 49
- PC-Kenntnisse 85
- PDM → Product Data Management
- PDM-System 202
- Pebi 442
- Peer-to-Peer 237, 409
- Peer-to-Peer-Architektur **611 f**
- Peer-to-Peer-System 612
- Pentium-Prozessor → Intel-Pentium-Prozessor
- Performance Measurement 311, 326
- Periodenvergleich 311
- Periodischer Bericht 308, 336
- Peripherer Speicher 469, 510, 520, 523
- Peripheres Gerät → Peripheriegerät
- Peripheriegerät 24, **510**, 520, 523, 525, 552, 563, 578
- Peripheriespeicher 553
- Perl 345
- Personalabteilung 115, 188, 190
- Personaladministration 188 ff
- Personalaufwand 180
- Personalausweis 150, 405
- Personalbedarfsplanung 189
- Personalbereich 191 f
- Personalbeschaffung 189 f
- Personalbestandsplanung 189
- Personalbeurteilung 189 f
- Personalcontrolling 190
- Personaleinsatz 189, 201
- Personalengpass 343
- Personalentscheidung 188, 190
- Personalentwicklung 189 f
- Personalführung 189 f
- Personalinformation 189 f
- Personalinformationssystem 190, 428
- Personalisierung 28, 190, 291
- Personalkosten 6, 191, 313
- Personalplanung 189 f, 196
- Personalstruktur 192
- Personalteilbereich 191 f
- Personalveränderungsplanung 189
- Personalverrechnung 186
- Personalwesen 152, **188**
- Personalwirtschaft 7 f, 24, 106, 110, 163 ff, 171, 174, 177, 181, **188 ff**, 204, 308, 323, 463
- Personenjahr 347
- Personenmonat 351
- Persönliches Informationshilfsmittel 30, 382, **532 ff**

- Persönliches Informationssystem 27, **30**, 250, 532
- Persönlichkeitsprofil 428
- Persönlichkeitstyp 249
- Peta 441f
- Petabyte 307, 414, 493
- Pfadtest 363
- Pferd
- , trojanisches 417, 428
- Phase **165 f**, **175**, 215, 241, **352 ff**, **367 ff**, **372**, **567 f**
- Phasendifferenz 567
- Phasenmodulation 567f
- Phasenschema 367
- Phasenverschiebung 567
- Phishing 42, 68f, **388**, 415
- Phishing-Angriff 388
- PHP 544
- Physische Adresse 598
- Physische Datenorganisation 469
- Physische Datenunabhängigkeit 467f
- Physischer Kanal **571**
- Pilotprojekt 307
- PIN 388, 396
- Pixel 294
- Planabweichung 201, 308
- Plankalkül 543
- Plankosten 185, 187
- Planung 7, **331 ff**, 412
- , operative 320, 322, **334**, 342
- , strategische 82, 277, 304, 320, 333 ff, **339 ff**, 350, 352
- , taktische 196, **334**
- Planungsänderung 202
- Planungsanwendung 322
- Planungsebene 201, 276
- Planungshorizont 198, 201, 281, **334 f**
- Planungsperiode 185
- Planungsphase 340
- Planungsrechnung 325
- Planungsstufe 198f, 276
- Planungssystem **7 f**, 201, 326, 336
- Planungszyklus 342
- Platform-as-a-Service **615**
- Platte
- , Fest- 69, 178, 253, 416, 419, 511, 522, 551, 554f
- , Halbleiter- 522f, 555
- , Magnet- 416, 510, 518, 523
- Plattform
- , Auktions- 19
- , Informations- 228
- , Open-Source- 165
- , proprietäre 165
- , Rechner- 451, 546
- , Video- 63
- Platzbuchung 22
- PLM → Product Lifecycle Management
- Point of Sale 316
- Pop-under 267
- Pop-up 267
- Portal **227 ff**, 490
- , Außenwirksames Unternehmens- 228
- , Business-Intelligence- 228, **303**
- , Internet- 45, 94, 167, **227**, 230, 266, 302, 389
- , Lieferanten- 228
- , Open-Data- 490
- , Such- **228**
- , Unternehmens- **228**
- , Unternehmensinformations- 228
- Porter 213
- Portfolio 350
- , Projekt- 334, 342, 350 ff
- Portfolioanalyse 249, 325
- Portieraufwand 533
- POS → Point of Sale
- POS-Data-Warehouse 316
- POS-System 316
- Positionserkennung 33
- Positive ganze Zahl 444 ff, 602
- Positiver Konsumeffekt **225 f**
- Positiver Netzwerkeffekt **224 ff**
- Positiver Produktionseffekt **225**
- Post
- , elektronische → E-Mail
- Postfach 614
- Postgeheimnis 425
- PostgreSQL 345, 463
- Postliste 250
- Postwurfsendung 250
- PPS → Produktionsplanungs- und -steuerungssystem
- Präambel 584

- Prädikat **491**
- Präferenz 112, 254, 259, 282
- Präsentation 7, 264, 329
- Präsentationszweck **301**
- Preis-Leistungs-Verhältnis 265
- Preisbildung 242ff, 260
- , statische 242
- Preisbündelung 256, 260
- Preisdifferenzierung 256f, 260
- Preisdruck 25, 221, 257
- Preisentwicklung 261
- Preiserhöhung 261, 295
- Preisfindung 188, 206, 208, 256, 323
- Preisgruppe **472ff**
- Preisnachlass 289
- Preispolitik 204f, 216, 251, 256, **260**, 281
- Preisrahmen 260
- Preisschritt 245
- Preissensibilität 249, 261
- Preisspanne 531
- Preisspielraum 257, 261
- Preisstrategie **260**
- Preistransparenz 25, 239, 260
- Preisverfall 522
- Preisvergleich 257, 259, 263
- Prestigewert 261
- Primärbedarf 199
- Primärkosten 186
- Primärschlüssel **470ff**
- Primärziel 265
- Primzahl 399
- Priorisierung 105, 108f, 357
- Prioritätsstufe 376
- Privacy by Design 434
- Private Cloud 348, 561, 615
- Privater Schlüssel **398ff**
- Privates Netz 579, 613
- Privathaushalt 62f, **214**, 217, 254, 575, **576**, 611
- Privatkundenbereich 19, 168, 207, **214**, 219, 248, 255
- Privatsphäre 31, 42, 64, 229, 381, 391, **392**, 429f
- Privatunternehmen 246
- Problem 61, 125, 135, 571
- Problemdatenbank 376
- Problemstellung 13, 134, 144, 285, 543f, 580f
- Process
 - , agile Unified 368, 373
- Process-Mining 84, **125f**, 284
- procure-to-pay 96, 164
- Procurement 193, 216, **277**
- Product Data Management 202
- Product Lifecycle Management 175ff, 217
- Produkt 31ff, 208, **217ff**, 341, **472ff**
- Produktattribut 208
- Produktauswahl 256, 259
- Produktbaum 145, **149f**, 203
- Produktbeschreibung 171, 222, 246, 258, 480
- Produktbewertung 28, 259f
- Produktbezeichnung 299
- Produktbindung 261
- Produktcode
 - , elektronischer 33f
- Produktdaten 34, 202, 299
- Produktdesign 26
- Produktdifferenzierung 224, 257, **258**
- Produktempfehlung 34
- Produktentwicklung 53, 373
- Produktfeld 196
- Produktgestaltung 24
- Produktgruppe 188, 221, 300, 309
- Produktindividualisierung 26, 28, 257, **258f**
- Produktion **196ff**, **277**, **303**
- Produktion im engeren Sinn 26f, 45, 53, 56, 65f, 196ff, 296
- Produktionsablaufplanung 196
- Produktionsbereich 334
- Produktionseffekt **225**
- , positiver **225**
- Produktionsfaktor 3, 53, 57, 79, 186, 212f
- Produktionsform 197
- Produktionsleitsystem → Manufacturing Execution System, → Manufacturing Execution System
- Produktionsmanagement 196f
- Produktionsplanung 59, 151, 196, 198ff, 277, 296, 463
- Produktionsplanung und -steuerung 196
- Produktionsplanung
 - , operative 196, 198

- Produktionsplanungs- und -steuerungs-
system 198, 201f
- Produktionsplanungssystem **198**, 203
- Produktionsprogrammplanung 196, 198 ff
- Produktionsprozess 9, 45, 201f
- Produktionsstammdaten 201
- Produktionsstätte 53, 179, 194, 196
- Produktionssteuerung 151, 196, *198f*
- Produktionssteuerungssystem **198**, 202f
- Produktionstätigkeit 196
- Produktionstyp 198, 202
- Produktionsverfahren 188
- Produktivität 61, 322
- Produktivitätsfortschritt 45, 59
- Produktkonfiguration 202
- Produktkonfigurator 26
- Produktkostenrechnung 188
- Produktlebenszyklus 172, 177, 218
- Produktlinie 218, 256
- Produktmanager 296
- Produktmerkmal 248
- Produktneuheit 261
- Produktorientiertes Informations-
system 218
- Produktpolitik *204f*, 216, 219, 251, **256**,
294, 313
- Produktqualität 371
- Produktspezifikation 239
- Produktvariante 256 ff
- Produktverbesserung 294
- Produktversion 172f, 261, 366
- Produktwahl 313
- Produzent 43, 54f, 221ff
- Profitcenter 79, **80**, 324
- Profitcenterrechnung 188, 325
- Prognose **36**, *57f*, **77**, **287**, **601**
 - , Absatz- 273, 286, 313
 - , Bedarfs- 193, 201
 - , Erfolgs- 287
- Prognosemethode 287
- Prognosemodell 262, 287, 322
- Prognoseverfahren 313
- Prognosewert 288
- Programm 363
 - , ausführbares 538 ff
 - , logisches 8
- Programmable ROM 518, 521
- Programmausführung 509, 525
- Programmbetrieb
 - , Ein- *551*, **552**
 - , Mehr- 514, **552**, 554, 556
- Programmbibliothek 541f
- Programmcode 378, 417, 539, 543
- Programmdurchlauf 321
- Programmierschnittstelle 177, 237, 488,
615f
- Programmiersprache **538ff**
 - , funktionale 538, *544*
 - , höhere 504, 538 ff, **543f**
 - , imperative 538, *543f*
 - , logische 538, *544*
 - , maschinennahe 504, 538, **539f**, 543
 - , objektorientierte 538, *544*
- Programmiersprachenabhängigkeit 481
- Programmierungsumgebung → Software-
entwicklungsumgebung
- Programmierung 13, 83, 85, 286, 303, 343,
378, 446, 521, 539, 543, 546
 - , Ergänzungs- → Erweiterungs-
programmierung
 - , Erweiterungs- 168, 171f, 179 f
 - , Individual- 165, 172
- Programmlogik 511
- Programmpolitik → Sortimentspolitik
- Programmstruktur 459
- Programmsystem 172, 194, 344, 353, 359,
386, 482, 541, 544f
- Programmteil 363, 455, 541
- Programmumfang 202
- Project Open **346**
- Projekt 52, **350ff**, **595**
 - , Entwicklungs- 3, 331, 347, 369f, 373
 - , Groß- 352
 - , IS- **333**, 349 ff
 - , Open-Source- 345, 347
 - , Outsourcing- 55
 - , Pilot- 307
 - , Software- 361
- Projektabhängigkeit 350
- Projektdauer 365, 373
- Projekterfolg 179, 411
- Projektfortschritt 367, 369f
- Projektgruppe 149, 350
- Projektidee 350

- Projektion **133, 475, 476ff**
 Projektleiter **350**
 Projektmanagement **62, 122, 339, 346, 354f, 370, 372**
 Projektor **510**
 –, digitaler **510**
 Projektphase **179, 371**
 Projektportfolio **334, 342, 350ff**
 Projektportfoliomanagement **351**
 Projektteam **111, 368, 374**
 Prolog **544**
 PROM → Programmable ROM
 proprietär **165, 169f, 219, 235, 345, 497, 524, 580**
 Proprietäre Anwendungssoftware **165**
 Proprietäre Plattform **165**
 Proprietäres Netz **219**
 Protokoll **588ff, 603ff**
 –, Anwendungs- **582, 593, 611, 614**
 –, ARP- **598f**
 –, Bitübertragungs- **582**
 –, E-Mail- **404, 406**
 –, höheres **583, 592f, 611**
 –, HTTP- **561, 596, 607, 611, 616**
 –, Internet- **561f, 584, 593ff, 611, 616**
 –, IP- **597**
 –, Kommunikations- **170, 401, 580ff, 605**
 –, Sitzungs- **582**
 –, Transport- **582, 602**
 –, Vermittlungs- **582**
 –, Web- **401, 406**
 Protokoll-Overhead **585**
 Protokolldatei **252f**
 Protokollfamilie **581, 584, 594f**
 –, Internet- **596**
 –, TCP/IP- **593**
 Protokollschicht **593**
 Protokollvorschlag **594**
 Prototyp **359, 369f, 524**
 –, funktionaler **359**
 –, visueller **359**
 Prototyping **359, 369**
 Provision **29, 192, 240, 268, 392**
 –, wertabhängige **240**
 Provisionsabrechnung **177**
 Prozedur **412**
 Prozess **105ff, 204, 222, 323, 328, 364f, 551**
 –, Austausch- **43, 216, 217, 219, 270**
 –, Beschaffungs- **94, 95ff, 164**
 –, Bestell- **93ff, 154, 155f, 164**
 –, Empfehlungs- **259f**
 –, Entscheidungs- **61, 321, 338, 367**
 –, Entwicklungs- **9, 135, 357f, 367, 369**
 –, Geschäfts- **92ff, 111ff, 150ff**
 –, Inkrementeller Entwicklungs- **369**
 –, interner **152, 165, 175, 328**
 –, Kern- **9, 106, 108, 152**
 –, Management- **9, 106, 108, 152, 320**
 –, operativer **166, 204, 323, 364**
 –, Produktions- **9, 45, 201f**
 –, Softwareentwicklungs- **367, 371**
 –, Supply-Chain-Management- **271**
 –, Unterstützungs- **9, 29, 106, 108, 152**
 Prozessablauf **121f**
 Prozessanalyse **91, 102, 112, 114, 135**
 Prozessanalytiker **83**
 Prozessarchitektur **101ff, 109f**
 Prozessautomatisierung **120, 122**
 Prozessautomatisierungssysteme
 –, robotergesteuerte **122**
 Prozessebene **216, 217f**
 Prozesseinführung **102, 122**
 Prozesserhebung **101f, 111, 137**
 Prozessidentifikation **101f, 105, 107, 111**
 Prozessinstanz **121, 123f**
 Prozessintegration **171**
 Prozesskategorie **272**
 Prozesslandkarte **101, 106ff, 152**
 Prozesslandschaft **91**
 Prozesslogik **118f**
 Prozessmodell **102f, 109f, 117, 122ff, 135, 137, 142, 154, 368, 372, 376, 377**
 –, Agiles Entwicklungs- **368, 372f**
 –, BPMN- **96, 138, 152, 154**
 –, Entwicklungs- **368ff**
 –, Inkrementelles Entwicklungs- **368, 371**
 –, Ist- **102, 111, 114, 135**
 –, Iteratives Entwicklungs- **368ff**
 –, Leichtgewichtiges Entwicklungs- **372**
 –, Sequenzielles Entwicklungs- **368**
 –, Softwareentwicklungs- **368f**
 –, Soll- **102, 118, 135**
 Prozessmodellierung **133, 166**

Prozessor 32, 35, 66, 197, 505, **506 ff**, 525 ff,
 538 ff, 552, 556, 558
 –, Achtkern- 514
 –, Core-2-Duo- → Intel-Core-2-Duo-
 Prozessor
 –, Grafik- 511, 513
 –, Intel-Core-2-Duo- 517
 –, Intel-PC- 528
 –, Intel-Xeon- 517
 –, Ko- 525
 –, Mehrkern- **513 f**, 526
 –, Mikro- 448, 507, 515, 521, **525**, **527 f**
 –, Vierkern- 514, **526**
 –, XML- 485
 –, Zentral- **505**, 510, 512 ff, 525 f, 529
 Prozessorarchitektur 508, 557
 Prozessorchip 514, 517, 520, **525 f**
 Prozessorientierung **94**
 Prozessorkern 307, 513, **514 f**, 525 f, 551 f
 Prozessortyp 527, 540 f
 Prozessorzzyklus 448, 508
 Prozessperspektive
 –, interne 327 f
 Prozessteilnehmer 103 f, **111 ff**, 121 ff, 133,
 136 f
 Prozessüberwachung 102, **124 f**
 Prozessumfeld 118, 120
 Prozessunterstützung 122, 277
 Prozessverantwortlicher 103, 108, 136
 Prozessverbesserung **102 ff**, **117 f**, 125
 Prozessvorgabe 103
 Prüfsumme 387, 391, **393**, 403, 419, 466,
 585, 587, **602 f**
 –, kryptografische **393**, 466
 Prüffziffer → Prüfsumme
 Public Cloud 348, 615
 Publizitätspflicht 320
 Puffer **509**
 Pufferspeicher **509 f**
 Pufferung 120, 553
 Punkt-Adressierung **585**
 Punkt-zu-Punkt-Netzwerk → Teilstrecken-
 netz
 Punkt-Zu-Punkt-Verbindung 585
 Python 345, 544

Q

QAM 568
 Quadraturamplitudenmodulation 568
 Qualifikation 60, 62, 81, 192, 328, 341, **364**,
 376
 Qualifikationsprofil 364
 Qualitätsanforderung 357
 Qualitätseigenschaft 13, 357
 Qualitätsfaktor 568
 Qualitätskontrolle 364
 Qualitätsmanagement 135, 372
 Qualitätssicherung 84, 130, 193, **361**, 370
 Qualitätsstandard 349, 378
 Qualitätszirkel 62
 Quantisierungsstufe 439
 Quellcode 344 ff, 359, 361 ff, **540 ff**, 595
 Quellen-TKÜ **426**
 Quellentelekommunikationsüberwachung
 426
 Quellprogramm → Quellcode
 Quelltext → Quellcode

R

R/2 174, **175**
 R/3 174, **175**
 Rabatt 208, 254, 256, 260, 324
 Rabattgestaltung 281
 Rabattpolitik 324
 Rack 537
 Radio 28, 33, 62 f, 248, 250, 295, 566, 576
 Radiofrequenzidentifikation → RFID
 Radiofunk 572
 Radiowelle 566 f
 Rahmen **101 f**, **354 f**
 –, Preis- 260
 Rahmenvereinbarung 193
 RAM 307, **517**, 520
 RAM-Chip 521 f
 Rangordnung 317
 Rangreihenfolge 232
 Ransomware 69
 Raspberry Pi 529, **530**
 Rationalisierung 20, **21**, 30
 Raubkopie 222 f

- Raubkopierer 222*f*
 Raum 27, 40, 104, 120, 229*f*, 234, 249, 262, 383, 411, 416, 453, 537, 579
 Räumliches Multiplexing 577
 RBAC → Role-Based Access Control
 RDBMS → Relationales Datenbank-verwaltungssystem
 RDF → Resource Description Framework
 RDF-Aussage 490*ff*
 RDF-Eigenschaft 492
 RDF-Graph **491*f***
 RDF-Klasse 492
 RDF-Modell **491**
 RDF-Schema 490, **492**
 RDF-Triple 491
 Re-Intermediation 43, 221
 Readiness 48
 Reaktionszeit 125, 179
 Realer Arbeitsspeicher 553
 Realer Speicher 553
 Realität 26, **27**, 33, **277**
 –, erweiterte 24, **26*f***, 33, 45
 –, virtuelle 24, **26**, **27**, 45
 Realwelt 33, **126**, 133*f*, 141, 157, 160*f*, 295, 442, 465, 544
 Realweltausschnitt 132, 144, 468, 479, 544
 Realweltobjekt 160
 Realweltsituation 295
 Rechenaufwand 409, 548, 558
 Recheneinheit 505, 526
 Rechenleistung 311, 515, 530, 532, 534, 612, 616*f*
 Rechenmaschine
 –, universelle 512
 Rechenoperation **400**, 446, 448, 505
 Rechenschieber 439
 Rechenzeit 397, **400**
 Rechenzentrum 55*f*, 65*f*, 84, **412*f***, 531, 534, 614
 Recherche 63, 215, 233
 Rechneradresse 598, 600*f*
 Rechnerarchitektur **511*f***, 557
 Rechnercluster 397
 Rechnereinbruch 413
 Rechnergestütztes Informationssystem 3*ff*, 19, 280
 Rechnerinterne Repräsentation 445, 447, 451
 Rechnerkategorie 531, 533, **534*f***
 Rechnernetz **561*f***, **578*ff***
 –, offenes 595
 Rechnerplattform 451, 546
 Rechnersystem 7, 11, 30, 168, 347, 413, 420, 423, 438, 441, 493, **503*f***, 513, 515, 526, 530, 556
 Rechnerverbundsystem → verteiltes System
 Rechnungsbearbeitung 206
 Rechnungslegung 93, 277
 Rechnungswesen **180*ff***
 Recht **516**
 Recht auf Vergessenwerden 433
 Recht
 –, Ausführungs- 420
 –, exklusives Zugriffs- 551
 –, Grund- 425, **426**, **429*f***
 –, Nutzungs- 260, 348, 572
 –, Rückgabe- 27, 256
 –, Schreib- 407, 420
 –, Urheber- 69, 223
 Rechteverwaltung 85, 407, **420**
 Reckzone 300
 Recycling 65, 192
 Redakteur 231
 Redaktionelles Format **267**
 Redesign-Heuristik **118**, 120
 REDIS 494
 Reduktionswerbung 265
 Redundante Information 612
 Redundanz 179, 306
 Reengineering 6, 101
 Referenz 107, 131, 457, 501
 Referenzangabe 230*f*
 Referenzielle Integrität **472*f***
 Referenzmodell **107**, **134*f***, **271*f***, 338, 561*f*
 –, ISO-OSI- 593
 –, ISO/OSI- **582**, 584, 589, 593, 596*f*
 –, SCOR- 135, **272**
 Reflexion **575**
 Regal 25, 34*f*, 290, 298*ff*, **301**
 Regalbefüllungsplan **299**, **301**
 Regalbefüllungsvorschlag 301
 Regaloptimierung 24*f*, 264, **298*ff***
 Regalplaner 301

- Regalproduktivität 299
- Regalrentabilität 299
- Regelbasierte Zugriffskontrolle 421
- Regelkreis 325
- Register 432, 525 ff, 539 ff
 - , allgemeines → Allzweckregistern
 - , Allzweck- 526
 - , Gleitkomma- 526
 - , Status- 526
 - , Vektor- 526
- Registerspeicher 505
- Registrierkasse 24
- Registrierung 268, 600
- Regression 84, 284 ff, 363
- Regressionsanalyse **286 f**
- Regressionstest **363**
- Regulierer 208
- Regulierungsbehörde 596
- Reichweite 265, 577
- Reifegrad **48 ff**, 224, 339, 345, 359, 379
 - , informationswirtschaftlicher **48 ff**
- Reifegradmodell 49
- Reihenfertigung → Fließfertigung, → Fließ-
fertigung ohne Zeitzwang
- Reihenfolgeplanung 199
- Reisebuchung 222
- Reisebüro 42, 220, 257
- Reklamationsquote 314
- Rekonfiguration 174
- Relation 249, **469 ff**
- Relationale Datenbank 307, 309, **470 f**, 475, 477, 480, 487
- Relationale Datenbankabfragesprache 477
- Relationales Datenbanksystem 86, 438, 473, 477, 493 f, 498
- Relationales Datenbankverwaltungssystem 311, 345, **470**
- Relationales Datenmodell 438, **469**, 471, 474, 477, **478 f**, 487
- Relationales OLAP 311
- Relationales Schema **470**, **473 f**, 477, 480, 483
- Relationen-algebraische Sprache 477
- Relationenmodell 469 f
- Relationenname 470
- Relationenschema 469, 473
- Release **360**
- Release-Wechsel 172 f, 336
- Renner-Penner-Bericht 317
- Rentabilität 322
- Reorganisation 179
- Repeater 590, **591 ff**
- Replenishment 273
- Replikation 407, 417, 466, 498, **499**
- Reporting 308, 483
- Repräsentation 358, 445 ff, 458, 460, 498
 - , rechnerinterne 445, 447, 451
- Repräsentationsgröße **446 ff**, 453, 461, 528, 581, 604
- Reputation 108 f, 234, 389
- Reputationsdienst **233 f**
 - , zentraler 234
- Requirements-Engineering 331 f, 352, **353 ff**, 372
- Reservierung 206, **222**
- Resource Description Framework **489 ff**
- Ressource
 - , anonyme 492
 - , IS- 341
 - , IT- 338
 - , System- 392
 - , Web- 228, 605
- Ressourcenallokation 238, 270
 - , kohärente 238
- Ressourcenauslastung 120
- Ressourcenknappheit 390
- Ressourcennutzung 7, 322, 347, 416, 547
- Ressourcenverbrauch 186
- REST-Schnittstelle 616 f
- Return on Investment 326, **327**
- Reversibler Festwertspeicher 521
- RFC 594, 605 ff, 613
- RFID 24, **33**, 35, 276, 531
- RFID-Anwendung 34 f
- RFID-Chip 33 ff, 276
- RFID-Etikett 33 ff
- RFID-Funketikett 169, 276
- RFID-Lesegerät 34 f, 173
- RFID-Technik 34
- Richtfunk 573, **576**
- Richtlinie 71, 122, 181, 265, 298, 338, 340 f, 423 f, 429
- RIPEMD160 393
- RISC-Architektur **508**

Risiko **178 ff**, 264, **411 f**
 Risikoanalyse 54, 59, 370
 Risikobereitschaft 249
 Risikobeurteilung 338
 Risikomanagement 234, 277, 346, 384, **411 f**
 Roaming 578
 Roboter 33, 45, 53, 203
 Roboter gesteuerte Prozessautomatisierungssysteme 122
 Robotic Process Automation 122
 Robotik 284
 Robustheit 580
 Rohdaten 294
 Rohstoff 65, 149, 196, 199, 202, 213, 273
 ROI → Return on Investment
 ROLAP → Relationales OLAP
 Role-Based Access Control 422
 Roll Up 311
 Rollenbasierte Zugriffskontrolle **422 f**
 ROM 443, **517 ff**
 ROM-Chip 518, 520
 Routenplanung 208, 332
 Router **592 f**, 613
 –, Internet- 65, 390
 Routinedatenverarbeitung 534
 RSA 139, 398, 400
 RSA-Verfahren 398 f
 Ruby 345
 Rückbuchung 237
 Rückgaberecht 27, 256
 Rückkanal 265
 Rückkopplung 225, 252
 Rundfunk **576 f**
 Rundsendung 585

S

S/4HANA 56, 172, **175**, 178, 348
 S/MIME 404, 406
 S3 → Amazon Simple Storage Service
 SaaS 31, 348, 615
 SaaS-ERP-Lösung 348
 Sabotage 69, 416
 Sabre 219
 Sachbearbeiter 82, 484
 Safe Harbor 432

Samsung **519**, **523 f**
 SAN → Storage Area Network
 SAN-Storage **555**
 SAN-Switch **555**
 SAN-System 555
 SANS-Institut 418
 SAP 46 ff, 54, 56, 86, 135, 172, **173 ff**, **190**,
194 f, **198**, 202 ff, **205**, 219, **277**, 311,
 315 f, 320, 344, 348, 495
 SAP AG 47, 174
 SAP All-in-One 175
 SAP Business ByDesign **175**, 177, 348
 SAP Business One 175
 SAP Business Suite 56, 174 ff, 320
 SAP ERP 135, 172 ff, **175 ff**, **184**, 198, 204,
 315, 348
 SAP HANA 175, 178, 311, 495
 SAP NetWeaver 174 ff
 SAP R/3 175
 SAP-Entwickler 86
 SAP-Offensive 175
 SAP-Partner 348
 SAP-Produktportfolio 174, **175**, 194
 SAP-Software 276
 SAP-Standardsoftware 173
 SAP-System 173 ff, 181 f, 192, 206 f
 SAP-Terminologie 194, 205
 SAP-Vertriebssystem 205
 SAS 311
 Satellit 52, 571
 Satellitenfunk **573**
 Satellitenverbindung 566
 Satz von Little 114, 116
 Satztyp 479
 –, untergeordneter 479
 Scanner 169, 510
 –, Beleg- 173
 –, Viren- 62, 419 f
 Scannerkasse 24, 226, 289, 308
 Schadensfall 411 f
 Schadensreduktion **420**
 Schadsoftware 42, 68 f, 85, 389 f, 413 ff,
419 f, 426
 Schadstoffemission 69
 Schaltglied → Gatter
 Schaltkreis 515
 Scheduling 199, 201, 277

- Scheer 3, 142
 Schema 22, 385, **386**, 467, **468 ff**, 477, 480, 483, 485 f, 492, 543
 –, Datenbank- 161, 477
 –, externes 467, **468**
 –, internes 467
 –, konzeptionelles 467 ff
 –, Phasen- 367
 –, RDF- 490, **492**
 –, relationales **470**, **473 f**, 477, 480, 483
 –, Relationen- 469, 473
 –, XML- **486**
 Schicht 169, 201, 291 ff, 302, 440, 467, **468 f**, 545, 561, 582 ff, 596 f, 604 f
 –, Anwendungs- 582, **584**, 589 f, 596, **597**, 604, **605**
 –, Bitübertragungs- 582, **583 f**, 590 f, 597, 604
 –, Darstellungs- 582, **583**, 590
 –, externe 467, **468**
 –, interne 467, **469**, 593, 597, **598**
 –, Internet- **597 f**
 –, konzeptionelle 467, **468**
 –, Protokoll- 593
 –, Sicherungs- 582, **583 ff**, 597, 604
 –, Sitzungs- 582, **583**, 590
 –, Transport- 582, **583**, 590, 596, **597**, **603 ff**, 612 f
 –, Verbindungs- 592, 598
 –, Vermittlungs- 582, **583**, 590, 592, 596 f, 604
 Schichtenmodell 169, 582, **596 f**
 Schlagwort 197, 231, 481, 490, 496
 Schleifenetz 579
 Schließen
 –, fallbasiertes 284
 Schlüssel 161, 206, 386, 393, 397, **398 ff**, 457, 460, 469, **470 ff**, 477, **494**
 –, Fremd- **472 ff**
 –, geheimer 393, 397, **398 ff**
 –, Gruppierungs- 208
 –, öffentlicher **398 ff**
 –, Organisations- 192, 206, 208
 –, Primär- **470 ff**
 –, privater **398 ff**
 –, Sekundär- **470**
 –, Signatur- 403
 –, Vertriebsbereichs- 206
 –, Währungs- 192
 Schlüssel/Wert-Datenbank **494**
 Schlüssel/Wert-Paar **494**
 Schlüsselattribut **470**
 Schlüsselbegriff 231 f
 Schlüssellänge 397, 400
 Schlüsselpaar 398, 408 f
 Schlüsseltransformationsfunktion → Hash-Funktion
 Schlüsselwert 494
 Schlüsselwort 265
 Schnittstelle **10**, 120 ff, 173, 550, **564**
 –, Benutzer- → Benutzeroberfläche
 –, Programmier- 177, 237, 488, 615 f
 –, REST- 616 f
 –, Web- 362, 396
 Schnittstellendefinition 169
 Schnittstellengestaltung 168
 Schnittstellenspezifikation 172
 Schreib-/lesekopf 416
 Schreib-Lese-Speicher **517 f**
 Schreibrecht 407, 420
 Schreibrichtung 452
 Schreibschutz 420
 Schreibtisch-PC 5, 32, 534, **535**, 550, 556 f
 Schriftart 449
 Schriftliche Information 449
 SCHUFA 234
 Schulung 11 f, 173, 190, 347, 353, 414
 –, Mitarbeiter- 365
 Schulungsmaßnahme 102, 356
 Schutzmaßnahme 420
 Schwache Konsistenz 497
 Schwachstelle 62, 114, 117, 179
 Schwarzes Brett 239
 Schwellenland 49, 53, 55
 Schwellenwert 291, 308
 Schwimmbahn 154
 Schwingung 565, 567
 Schwund 193, 316 f
 SCM → Supply Chain Management
 SCM-Funktion 276
 SCM-Komponente 276
 SCM-Standardsoftware **276**
 SCOR 271 f
 SCOR-Referenzmodell 135, **272**

- Scorecard **326 ff**
- Scrum 368, **373 f**
- SD 205, 522, 594
- SD Card 522
- SDRAM 518 f
- SDRAM-Chip **519 ff**
- SDRAM-Speichermodul **519**
- Search Engine Optimization 232, 265
- Second-Level-Support 376
- Secure Hash Algorithm 393
- Segment 182
- , Kabel- 589
- , Kunden- 72 f, **249**
- , Netzwerk- 590, **591 f**
- , Wurzel- 479
- Segmentierung 286, **288 f**
- Seitenkanalangriff **413 f**
- Seitenspeicher 553
- Sektor 52, 59, 432, 521
- Sekundärbedarf 199
- Sekundärkosten 186, 322
- Sekundärschlüssel **470**
- Selbstausbeutung 61
- Selbstbedienung 24, **25**, 73, 255, 614
- Selbstbestimmtes Identitätsmanagement **409 ff**
- Selbstbestimmung 70, 424 f, 434
- , informationelle 70, 424 f, 434
- Selbstselektion 252
- SELECT-Anweisung 124, **478**
- Selektion **475**, **477 f**
- Self-Scanning 24
- Semantik 138, **140**, 471, 480, 482
- Semantische Auszeichnungssprache 489
- Semantisches Web 479, **489**
- Sendeeinrichtung 529
- Sendefrequenz 414
- Sendelatenz 571
- Sendeleistung 577
- Sendestation 577
- Sendmail 345
- Senke 146, 562, 614
- Sensor 32 ff, **36**, 169, 197, 277, 510, 580
- Sensorbildschirm → berührungs-empfindlicher Bildschirm
- Sensorintegration 277
- Sensornetz 36, 493, 534
- Sentimentanalyse 294
- SEO → Search Engine Optimization
- Sequenziell 119, 354, **368 f**, **461 f**
- Sequenzielle Speicherform **461 f**
- Sequenzielles Entwicklungsprozessmodell **368**
- Sequenzielles Suchen **462**
- Sequenznummer 589, 603 f
- Serienbrief 28, 254
- Serienfertigung 197
- Server **604 ff**
- , Ad- 266
- , Datei- 535
- , Datenbank- 412
- , E-Mail- 546, 611, 613 f
- , Hochleistungs- 575
- , HTTP- 607, 611
- , OLAP- 311
- , Verzeichnis- 599, 611
- , Web- 227, 252 f, 345, 391, 428, 497, 535, 546, 584, 597, **599**, 604 ff, **610**, 613, 616
- Server-Cluster 307
- Serverprogramm 535, 603 f
- Serverraum **536 f**
- Serverrechner **535 ff**
- Serverschrank **536**
- Service 47, 56, **347 ff**, **537**, 617
- , Benutzer- 85
- , Cloud- 82, 84, 178
- , Infrastructure-as-a- **616**
- , IT- 338, 375
- , Platform-as-a- **615**
- , Software-as-a- **348 f**, **615**
- , Web- 62, 123, 165, **170**, 174 ff, 616
- Servicegrad 93, 192, 297
- Serviceleistung 192
- Serviceorientierte Architektur 165, **169 f**, 174, **175 ff**, 546
- Servicequalität 43, 248
- Servicerechenzentrum 45, 54, 214
- Services Science 347
- Session-ID 253
- Set-Cookie **610**
- SHA1 393
- SHA2 393
- SHA3 393

- Short Message Service 30, 227, 593
- Sichere Hash-Funktion **393**, 403
- Sicherer Kommunikationskanal 45
- Sicherheit **68, 70 f**, 574
 - , Abhör- 574
 - , Ausfall- 555, 568
 - , Daten- 70 f, 198, 383, **384**, 429
 - , Fälschungs- 34
 - , Identitäts- 71, 383, **384**
 - , Informations- 45, 68, 71, 339, **381 ff**, 392, 411, 426, 428 f
 - , IT- → Informationssicherheit
 - , Kommunikations- 71, 383, **384**
 - , Netzwerk- **384**
 - , System- 385, 421
 - , Transaktions- 463, 554
 - , Zukunfts- 344
- Sicherheitsaktualisierung 413, 418
- Sicherheitsbedenken 54
- Sicherheitsbestand 93, 277, 313
- Sicherheitsdienst 56, 177, 227
- Sicherheitskonzept 383, 385
- Sicherheitskopie 420
- Sicherheitskritische Funktion 345
- Sicherheitslücke 386, 413 f, 417 f
- Sicherheitsmanagement 375, 381, 383, **411 ff**, 421
- Sicherheitsmarkierung **421 f**
- Sicherheitsziel 381 f, **385 ff**
- Sicherungskopie 412, 417, 420
- Sicherungsschicht 582, **583 ff**, 597, 604
- Sicht **14 f**, **97**, 112, **142**, **154**
- Sichtbares Licht 566
- Sichtkontakt 34, 268, 300
- Sichtweise 133, 166, 326, 336, 357, 544
- Siemens 19, 175, 414
- Signal **440**, **565 f**
 - , analoges **440**, 510
 - , digitales 510, 529, 564
 - , Jam- 587
- Signalbericht 308
- Signaldauer 583
- Signalisierung 564 f, 581, 583, 597
- Signallaufzeit **569**, 571
- Signalparameter 567, **568**
- Signalverstärker 575, 591
- Signatur 391, 400, 402, **403 ff**, 410
 - , digitale 382, 391, 399 ff, **402 ff**, 410
- Signaturgesetz 403
- Signaturschlüssel 403
- Silizium 515
- SIMD-Architektur 512 f
- Simulation 84, 279, 284, 287, **295 f**, 322
- Single-Instruction-Multiple-Data-Architektur **513**
- Single-Instruction-Single-Data-Architektur **512**
- SISD-Architektur 512 f
- SISP → Strategische Informationssystemplanung
- Sitzungsprotokoll 582
- Sitzungsschicht 582, **583**, 590
- Skaleneffekt 73, 225, 615
- Skalierbarkeit 85, 239, 409, 464, 499, 614
- Skype 63, 426
- SLA → Dienstgütevereinbarung
- Slicing and Dicing **310**
- Slot 572
- Slow-Read-Angriff 390
- Smalltalk 544
- Smart Contract 408
- Smartphone **396**, 532
- Smartphone-Anwendung 63
- Smartphone-App 26, 34
- Smartphone-Benutzer 41, 55
- Smartphone-Nutzung 50, 63
- SMS → Short Message Service
- SMTP 597
- Snapchat 63, 427
- SOA → Serviceorientierte Architektur
- SoC 529
- Social Engineering **415**
- Social-Media-Manager 86
- Sofortüberweisung 237
- Software 31, 75, **344 ff**, 503 f, **537 ff**, **545 ff**
- Software AG 47
- Software on Demand 349
- Software
 - , Anwendungs- 537
 - , Branchen- 175
 - , Branchenspezifische Anwendungen- → Branchensoftware
 - , Büro- 75, 173, 346

- , Business-Intelligence- 311
- , Business-Suite- 170
- , Entwicklungs- 545 ff, 557, 615
- , ERP- 166, 177, 546
- , Fehlerbehebungs- 546
- , freie 345, 360, 373, 410, 463
- , Gratis- 347
- , Individual- **343 f**
- , Infrastruktur- → Middleware
- , Integrierte Geschäfts- → Business-Suite
- , kommerzielle 343, **344 ff**
- , Kommerzielle Standard- 344
- , Mittelstands- 175
- , Open-Source- 343 ff, 463, 594
- , Proprietäre Anwendungs- 165
- , SAP- 276
- , Schad- 42, 68 f, 85, 389 f, 413 ff, **419 f**, 426
- , Spionage- **413**
- , Standard- **170 f**, 174, **343 f**
- , Standardanwendungs- 83, 86, 172, 219, 315
- , Supply-Chain-Management- 276
- , System- 345, 545 ff, 615
- , Unternehmens- → Business-Suite
- Software-as-a-Service **348 f**, **615**
- Software-on-Demand 349
- Softwareagent 70, 614
- Softwareanbieter 176, 179
- Softwareangebot 170
- Softwarearchitektur 372
- Softwaredienst 170
- Softwaredistributionsmodell 348
- Softwareentwickler 76, **83**, 360, 539
- Softwareentwicklung **12**, 55, 332, 344, 358, 363, 366, **369 ff**, 393, 548 f
- , komponentenorientierte 344, 548 f
- Softwareentwicklungsprozess 367, 371
- Softwareentwicklungsprozessmodell **368 f**
- Softwareentwicklungsumgebung 177, 546
- Softwarehaus 48, 344
- Softwarekomponente **168 f**, 320, **545 ff**
- Softwarelieferant 69, 202
- Softwarelizenzgebühr 179
- Softwaremodul 174
- Softwareplanung **343**
- Softwareprojekt 361
- Softwareschutz 375
- Softwaresystem **545**, 547
- Softwaretest 353, 360, **361**
- Softwareunternehmen 46 f
- Softwareunterstützung 53
- Softwarewerkzeug 304
- Solaris 550
- Soll-Ist-Abweichung 201, 308
- Soll-Ist-Vergleich 7, 185, 311, 325, 329
- Solldaten 201
- Sollkonzept 352
- Sollmodell **102**, **134 f**
- Sollprozessmodell 102, 118, 135
- Sollzustand 179, 333
- Sonderzeichen 394, 450
- Sortenfertigung 197
- Sortiment 26, 29, 72, 223, 254, 257, 313, 315, 364
- Sortimentsänderung 301
- Sortimentsbeschränkung 257
- Sortimentsbreite 256
- Sortimentsgestaltung 188, 257, 299
- Sortimentspolitik 185, **204 f**, 216, 219, 251, **256**, 281, 313
- Sortimentstiefe 256
- Sortimentsverbreiterung 257
- Soziales Medium 24, 76, 86, **87**, 433
- Soziales Netzwerk 30, 42, 63 f, **87**, 267, 418, 427, 479
- Sozio-technisches System **12 f**
- Spaceman 298
- Spaltenorientierte Speicherung **494 f**
- Spaltung **49 ff**
- , digitale **49 ff**
- Spannungspegel 568
- Spark 496 f
- SPARQL 490
- Spartengliederung 207
- Spectre 414
- Speditonsabfertigung 207
- Speicher **441**, **505 f**, **509 ff**, **518 ff**, **553 ff**
- , Arbeits- 178, 311, 457, 465, 495, **509 ff**, 518, 520, 523, 526 ff, 538 ff, 550 ff
- , Cache- 520
- , Direktzugriffs- **517**, 526
- , externer **441**, 465, **505 f**, **509 f**, 522, 553 ff, 614

- , Fest- → Festwertspeicher
- , Festwert- **517ff**
- , Flash- 518, **521ff**
- , flüchtiger 509, **518**, 520
- , Haupt- → Arbeitsspeicher
- , Hintergrund- 553
- , interner 32, 441, 469, 509, 614
- , Irreversiblen Festwert- 521
- , Lese- → Festwertspeicher
- , Magnet- 522
- , Massen- 85, 307, 509, 522, 557
- , NAND-Flash- 518, **521ff**
- , NOR-Flash- 518, **521f**
- , peripherer 469, 510, 520, 523
- , Peripherie- 553
- , Puffer- **509f**
- , realer 553
- , Realer Arbeits- 553
- , Register- 505
- , Reversibler Festwert- 521
- , Schreib-Lese- **517f**
- , Seiten- 553
- , virtueller **553**
- , Virtueller Arbeits- 553f
- , Zentral- 505, **506ff**, 526ff
- Speicheradresse 457, 462, 509, 528, 538ff, 553
- Speicheradressierung 507
- Speicherbank 519
- Speicherbedarf 83, 85, 453, 540
- Speicherbelegung 363
- Speicherbereich 420, 454, 521, 525, 539, 551f
- Speicherchip **517ff**
 - , Flash- 518, 520, 522ff
 - , flüchtiger 518, **519ff**
 - , SRAM- 518, 520
- Speicherdichte 524
- Speicherdienst 56, 616f
- Speicherform **461f**, 496
 - , direkt adressierbare **461**
 - , sequenzielle **461f**
- Speicherinhalt 414, 512, 518, 528, 544
- Speicherkarte 522
 - , Flash- 524
- Speichermedium 384, 387, 457, 461, 542, 554
- Speichermodule 441, 520
- Speicherort 461
- Speicherplatz 227, 453, 455
- Speicherplatzausnutzung 469
- Speicherschutz 554
- Speicherstelle 517
- Speicherung **450**, **494ff**
 - , spaltenorientierte **494f**
 - , zeilenorientierte **495**
- Speicherverwaltung 525
- Speicherzelle 509, 519ff
- Speicherzugriff 414, 505, 519, 526
- Speicherzugriffszeit **527**
- Spektrum 17, 55, 189, 221, 269, 364, **566**
 - , Frequenz- 566
- Sperrliste 406
- Spezialisierung 3, 82, 86, 110f
- Spiegelung 555
- Spionageaffäre 70
- Spionagesoftware **413**
- Spiralmodell 368ff
- Sponsoring 264, 338
- Spotify 30, 42, 223, 307, 390
- SPR 200
- Sprache **451f**, 477
 - , relationen-algebraische 477
- Spracherkennung 45, 169, 284
- Sprachkommunikation **570**
- Sprachmittel 544
- Sprachstilanalyse 294
- Sprecheridentifikation 284
- Sprungadresse 542
- Spyware 413, 426
- SQL 418, 463, **477f**
- SQL-Abfrage **478**
- SQL-Einschleusung 418
- SQLite 463
- SRAM 518, 520, 524
- SRAM-Speicherchip 518, 520
- SRM → Supplier Relationship Management
- SRM-Systeme 217
- SSD 522, **523**
- SSL 401
- StackOverflow 494
- Stakeholder 84, 337, 357

- Stammdaten 178, 189
- , Material- 202, 207f
- , Produktions- 201
- Stammdatenverwaltung 190, 199, 202, 205
- Standard
- , Internet- 438
- , ISO- 449
- , Markt- 477
- , Mobilfunk- 578
- , offener 16, 410, 481, 484, 580
- , Qualitäts- 349, 378
- Standardanwendungssoftware 83, 86, 172, 219, 315
- Standardauswertung 191
- Standardisierung 24, 224, 564
- Standardlösung 376
- Standardprodukt 27, 242
- Standardprogramm → Standardsoftware
- Standardrechner 227
- Standardsoftware 170f, 174, 343f
- , kommerzielle 344
- Standpunkt 428
- Stärken-Schwächen-Analyse 325
- Startmarkierung 482
- Startpreis 245
- Startseite 254
- Statische Preisbildung 242
- Statisches Binden 542
- Statistik 84, 236, 284f, 428
- Statuscode 607, 608, 613
- Statusregister 526
- STEALTH 397
- Steckkarte 564
- Steganografie 401f
- Stellenausschreibung 191
- Stellenbeschreibung 149, 189
- Stelleninhaber 98, 143, 147, 149
- Stellenwert 224, 429, 443f
- Stellenwertsystem 443ff
- Sternnetz 579
- Steuerdaten 584f, 604
- Steuereinheit 505, 526, 578
- Steuerindikator 208
- Steuerinformation 602, 606ff
- Steuerungssicht 98, 144, 151, 153f
- Steuerungssystem 280, 320, 325
- Steuerungsvorgabe 338
- Steuerzeichen 449f
- Stichprobe 252
- Stichtag 181, 312, 316, 365
- Stichwort 266
- Stick
- , Joy- 510
- , USB- 415, 418, 522
- Stimmenanalyse 395
- Stochastisches Zugangsverfahren → konkurrierendes Zugangsverfahren
- Storage Area Network 35, 85, 555, 575
- Störanfälligkeit 574
- Stornierung 323
- Storno 318
- Störung 61, 152, 172, 198f, 331f, 375ff, 389, 413, 420, 567, 574, 577
- Störungsmanagement 375ff
- Straftat 68f, 426
- Strafverfolgung 413, 426, 430
- Strategie 104, 328f, 341f
- , Abschöpfungs- 261
- , Einführungs- 355, 365
- , Gesamt- 329, 337
- , Geschäfts- 80, 104
- , IS- 79ff, 335, 337, 339ff
- , Markt- 337
- , Preis- 260
- , Teil- 337
- , Unternehmens- 72, 82, 337
- , Werbe- 295
- Strategieentwicklung 341
- Strategieimplementierung 326
- Strategieplanung 325
- Strategieumsetzung 328f
- Strategievorlage 329
- Strategische Entscheidung 196, 253, 281, 320, 337, 342
- Strategische Informationssystemplanung 304, 331, 333, 335ff, 350, 352
- Strategische IS-Planung → strategische Informationssystemplanung
- Strategische Planung 82, 277, 304, 320, 333ff, 339ff, 350, 352
- Strategisches Management 277, 320, 342
- Strategisches Ziel 327, 329, 340, 341, 350
- Streaming-Format 73, 223, 496
- Strenge Konsistenz 465, 497f

- Streuverlust 266
- Strichcode → Strichmarkierung
- , GTIN- 33
- Strichmarkierung 24
- Stromausfall 498, 518
- Stromkabel 573
- Stromverbrauch 33, 408, 508, 520, 524, 528, 530
- Stromversorgung 35, 85, 509, 511, 530, 536f
- , unterbrechungsfreie 85, 536
- Strukturierte Daten 306f, 320, 478, 480, 482, 490f
- Strukturiertes Attribut 478, 481, 496
- Strukturiertes Datenelement 456f, 481
- Strukturiertes Dokument 480f, 496, 498
- Strukturinformation 484
- Stückkosten 222, 261
- Stückkostendegression 225f
- Stückliste 149, 199, 202f
- Stückpreis 35
- Studiengang 2
- Studienrichtung 3, 82
- Studierend 2, 42, 116, 410, 617
- Studium 82, 84, 116
- Stuxnet 414
- Subjekt 281, 392, 421ff, 491
- Subsystem 10f, 133, 168, 362
- , automatisiertes 11
- , manuelles 11
- Subvention 51
- Suchanfrage 497
- Suchbaum 460
- , binärer 460
- Suchbegriff 230, 232, 265f, 462
- Suchdienst 42, 74, 212, 214, 220, 227, 228ff, 264ff, 346, 495, 497
- Suche
- , ortsbezogene 230
- Suchen
- , sequenzielles 462
- Suchergebnis 264f
- Suchfunktion 7, 230, 259, 463
- Suchkomponente 230
- Suchkosten 215
- Suchmaschine → Suchdienst
- Suchmaschinenanbieter 232
- Suchmaschinenoptimierung 232, 265
- Suchoperation 461, 614
- Suchportal 228
- Suchverhalten 266
- Sückliste 202
- Sukzessivplanung 198
- Supplier Relationship Management 177, 219, 268
- Supply Chain 17, 24, 31, 53, 168, 177, 194, 201, 212f, 217ff, 268ff, 272, 276, 277, 322
- Supply Chain Managment 175ff, 194, 201, 219f, 271, 277
- Supply-Chain-Management 168, 177, 194, 201, 212, 217, 220, 269, 271f, 276, 277, 322
- Supply-Chain-Management-Prozess 271
- Supply-Chain-Management-Software 276
- Supply-Chain-Management-System 24, 31, 53, 218f, 268f
- SWIFT 219
- Switch
- , SAN- 555
- Symbol → Zeichen
- Symbolische Adresse 598f
- Symmetrische Kryptografie 397ff
- Symmetrisches Verschlüsselungsverfahren 397
- Synchronisation 588
- syntaktisch 265, 481, 485
- Syntax 138, 140, 275, 487, 581
- , XML- 486, 492
- System 10ff, 120ff, 175ff, 201, 202, 296, 426, 515, 529f
- System R 174f
- System R/2 174, 175
- System R/3 174, 175
- System
- , eingebettetes 529, 550
- , eng gekoppeltes 365, 515
- , entscheidungsunterstützendes 282
- , heterogenes 45
- , integriertes 7f, 17, 120, 201
- , komponentenorientiertes 549
- , lose gekoppeltes 365
- , modulares 11
- , monolithisches 549

–, offenes 165, 175, 580
 –, sozio-technisches **12f**
 –, verteiltes 496ff, 578
 Systemabgrenzung 137
 Systemadministrator **85**, 413, 421
 Systemanalyse 82, 111
 Systemanalytiker **83**, 103, **111ff**, **136**
 Systemarchitektur 82, 353
 Systembetreuer → Systemadministrator
 Systemeigenschaft 365
 Systemeinführung 365
 Systementwicklung 91, 129, 136, 145, 352,
 353ff, **365ff**, 374
 Systementwurf 358
 Systemfehler 411, 554
 Systemgrenze 10
 Systemintegrität 177
 Systemkomponente 13, 364, 367, 411, 580
 Systemprogramm 549
 Systemprogrammierer **85**
 Systemressource 392
 Systemrichtlinie 335
 Systemsicherheit 385, 421
 Systemsoftware 345, 545ff, 615
 Systemspezifikation 358, 370
 Systemtest 355, 361, **362**, 378
 Systemverwalter → Systemadministrator
 Systemzustand 147, 363, 412, 466
 Szenario 135f, 358, 614
 Szenarioanalyse 295

T

T-Systems 47
 Tabelle
 –, Assoziations- 457
 –, Entscheidungs- 154, **156**, 288
 –, Weiterleitungs- 593
 Tabellenstruktur 471, 480
 Tablet-Computer 5, 29, 32, 42, 52, 62, 382,
 508, 513, 524, 527, 532, 534f, 550, 601
 Tag-Null-Angriff **413**
 Tagging **231**
 Taktfrequenz 528
 Taktische Entscheidung 196, 281, 308
 Taktische Planung 196, 334

Taktrate 66, 507, 519, 527f
 Taktzeit 528
 TAM → Technologie-Akzeptanz-Modell
 TAN 388
 Tanenbaum **566**
 Task 152, **551ff**
 TASL → Teilnehmeranschlussleitung
 Tastatur 27, 428, 510, 535
 Tätigkeit 14, 22, 25, 57, **82ff**, 110, 273, 332,
 353ff, 361, 364f, 371, **372**, 379, 411f
 Tätigkeitsfeld 60, **76ff**, 192
 Tausend-Kontakte-Preis 268
 Taxonomie 74f, 231
 TB → Terabyte
 TBO → Total Benefit of Ownership
 Tchibo 32
 Tcl 345, 454, 544
 TCO → Total Cost of Ownership
 TCP **596f**, **603ff**
 TCP-Kopfteil **603**
 TCP-Nutzdaten **603**
 TCP-Paket **603f**
 TCP-Verbindung 606, 613f
 TCP/IP 581, 593ff, **596f**
 TCP/IP-Protokollfamilie 593
 TDM → Time Division Multiplexing
 Tebi 442
 Technik
 –, befähigende 3, 23, 74, 94
 Technisch-Wissenschaftlich 532, 546
 Technologie-Akzeptanz-Modell 14
 Technologiepolitik 50
 Teilbereich 133, 170, 192, 366, 397, 600
 Teilinformationssystem 8f, 83, 303, 332
 Teilkostenrechnung 185
 Teilnehmeranschlussleitung 574
 Teilnehmerzahl 577
 Teilnetz 589, 593, 598f
 Teilstrategie **337**
 Teilstreckennetz **586**, 593, 598
 Teilsystem 8, 10, 40f, 56, 83, 252, 335, 359,
 365, 369, 556
 Telaararbeit **60ff**
 Telaarbeitsstätte 60
 Telebanking 63
 Telefon
 –, Mobil- 429, 524, 532

- Telefondienst 571
- Telefongespräch 571
- Telefonie 570, 573
- , Video- 65
- Telefonkabel 574
- Telefonleitung 568, 574, 576
- Telefonmodem 564, 570
- Telefonnetzbetreibern 576
- Telekommunikation 47, 53, 65, 135, 240, 566
- Telekommunikationsdienst 51
- Telekommunikationsdienstleister 578
- Telekommunikationsnetz 60, 225
- Telezentrum 60
- Temporale Datenbank **466**
- Tencent 46
- Tengwar 453
- Tera 441f
- Terabyte 307, 414, 493, 499, **523**
- Teradata 495
- Terahertz 566
- Terminal 26, 165, 175
- Terminierung 172, 277, 350
- Terminplanung 196, 198f, 284, 367
- Terrestrischer Funk **573**
- Test 29, 34, 83ff, 173, 296, 300, 331, **353ff**, 368, 370, 372f, 378f
- , Abnahme- 370
- , Akzeptanz- **362**, 378
- , Anweisungsüberdeckungs- 362
- , Black-Box- **362**, **363**
- , Funktions- 259, 362
- , Integrations- 361, **362**, 370
- , Modul- **361f**
- , Pfad- 363
- , Regressions- **363**
- , Software- 353, 360, **361**
- , System- 355, 361, **362**, 378
- , White-Box- **362f**
- , Zweigüberdeckungs- 362
- Testaufwand 364
- Tester 357, 360, 363, 365
- Testfall **363ff**, 372
- Testspezifikation 363
- Testverfahren 362
- Text 442, **449ff**, 484, 608
- Text-Mining 84, 284, **294**
- Textauszeichnung 484
- Textdatei 253, 452, 461
- Texteditor 451, 546
- Textelement 482
- Textverarbeitung 417, 532
- Themenschwerpunkt 250, 304
- Third-Level-Support 376
- Thread **551**
- Thunderbird → Mozilla Thunderbird
- Tim Berners-Lee 605
- Time Division Multiplexing 572
- Time-Sharing 534
- TK-Dienst 47
- TK-Endgerät 47
- TK-Infrastruktur 47
- TKP → Tausend-Kontakte-Preis
- TLS 401, 404, 605
- TOGAF 339
- Tokenring 570
- Tonträger 73, 223
- Topmanagement 281, 303, 320, 325, 329, 334, 342
- Topmanagementinformationssystem 280, **324**
- Topologie 590
- Toshiba 524
- Total Benefit of Ownership **180**
- Total Cost of Ownership **180**
- Totalreflexion 575
- , innere 575
- Traceability **366f**
- Trackball 510
- Trägermedium 401f
- Transaktion **164**, **393**, **407ff**, **464**
- Transaktionscode **164**, 178
- Transaktionsdaten 22, 30, 291, 302, 406
- Transaktionsgebühr 239f
- Transaktionshäufigkeit 249
- Transaktionskonsens 407
- Transaktionskosten **215**, 237, 260, **270ff**
- Transaktionspartner 233
- Transaktionsphase **239**, 262
- Transaktionssicherheit 463, 554
- Transaktionssteuerung 176
- Transaktionssystem **165f**, 174, 218, **323**
- Transaktionsverarbeitung 310

Transaktionsverzeichnis **406ff**, 466
 –, öffentliches 407, 409
 –, verteiltes 407ff
 Transfer
 –, Datei- 584, 603, 605, 611
 –, Daten- 526 f
 Transferrate 493, 524
 Transferzeit **571**
 Transformation 6, 45, 302, 304, 453, 482, 489
 Transistor 440, 515 ff
 Transparentmachung 312
 Transparenz 66, 121, 124, 168, 197, **277**, 325, 335, 407, 430, 434
 –, Angebots- 257
 –, Informations- 276
 –, Preis- 25, 239, 260
 Transport 34, 53, 56, 115, 149, 177, 192, 208, 257, 275, **277**, 401, 416, 583, 597
 Transportmittel 54
 Transportplanung 206
 Transportprotokoll 582, 602
 Transportschaden 193
 Transportschicht 582, **583**, 590, 596, **597**, **603ff**, 612 f
 Transportweg 196, 563
 Travelchannel 19
 TravelScout24 19
 Trellis-Code-Modulation 568
 Trennzeile 607
 Treuhänder 236
 Triage 118
 Trip-Advisor 234
 Trittbrettfahrer 223
 Trojanisches Pferd 417, 428
 Tupel 469, **470ff**, 480, 494
 Twisted Pair-Kabel → Verdrilltes Kupferkabel
 Twitter 30, 42, 63, 230, 307, 390, 414, 427, 494

U

Überangebot 248
 Überflutungsangriff 389 f

Überlastung 199
 Überlauf 447
 Überprüfbarer Anspruch 409
 Überschreiben 415, 455, 551, 554
 Übersetzungsprogramm 540 f
 Übersetzungsvorgang 541
 Übersprechen 573
 Übertrag 444
 Übertragung
 –, gesicherte 583
 Übertragungsbandbreite → Übertragungs-
kapazität
 Übertragungsdauer 571
 Übertragungsfehler 387, 583
 Übertragungskanal 571 f
 Übertragungskapazität **569ff**
 Übertragungsleistung 441, **568f**
 Übertragungsmedium **576**, **586f**
 –, drahtloses **576**
 –, kabelloses → drahtloses Übertragungs-
medium
 Übertragungsrate → Übertragungs-
kapazität
 Übertragungsverzögerung → Latenz
 Übertragungsvolumen 585
 Überwachung 124, 424
 Überweisung 31, 42, 235, **236f**, 274
 Ubiquitous-Computing 24, 29
 UCS → Universal Character Set
 UHF 566
 Umgekehrte Auktion **247**
 UML 145, 371 f
 Umlagerung 317
 Umrüstzeit 197
 Umsatzerlös 184
 Umsatzmaximierung 72, 226
 Umsatzrendite 313
 Umsatzrentabilität 322, 326, **327**
 Umsatzrückgang 223
 Umschlagshäufigkeit 299, 313
 Umsetzung 329
 Umsetzungsphase 355
 Umstellung 121, 172, 365
 –, gegliederte 365
 Umstellungsaufwand 179
 Umstellungskonzept 335
 UMTS 567, 578

Umwandlung
 –, Analog-digital- 439
 –, Digital-analog- 439
 Umwelt 5 f, 11, 33, 39 f, 44, **65 f**, 177, 281,
 341, 374 f
 Umweltbelastung 61, **65 ff**
 Umweltschutz 53, 68
 Unbefugter Zugang **416**, 431
 Unbefugter Zugriff **416**
 UND-Gatter 153
 UND-Verzweigung 153 f
 Ungerichteter Graph **458**
 Unicode **452 ff**
 Unidirektional 577
 Unified Process 368, **371 ff**
 Universal Character Set 452
 Universalität 395
 Universalrechner 514
 Universelle Rechenmaschine 512
 Universeller Zeichensatz 452
 Unix 454, 529, 550, 594 f
 Unshielded Twisted Pair 588
 Unterattribut 471
 Unterbrecherwerbung 267
 Unterbrechungsfreie Stromversorgung 85,
 536
 Untergeordneter Satztyp 479
 Unterhaltung 62 f, **222**, 563
 Unterhaltungselektronik 42, 47, 256, 261,
 525, 529
 Unterklasse 110
 Unternehmensführung 22, 308
 Unternehmensgründung 174
 Unternehmensinformationsportal 228
 Unternehmenskooperation 269
 Unternehmensnetzwerk 217, 219 f, 268,
270 f, 592
 Unternehmensportal **228**
 –, außenwirksames 228
 Unternehmenssoftware → Business-Suite
 Unternehmensstrategie 72, 82, 337
 Unterschrift 382, 391, 399, 401, **402 ff**
 –, digitale 391, 402, 404, 406
 –, elektronische → digitale Signatur
 Unterstützungsprozess 9, 29, 106, 108, 152
 Unverändertheit 387
 Unvorhergesehenes Ereignis 375, 411

Upgrade 261, 360, 366
 Uran 414
 Urheberrecht 69, 223
 Urheberrechtsinformation 402
 Urheberrechtsverletzung 68
 Urheberschutzgesetz 224
 URI 490, **605**
 URL 406, 461, 605 f, 613
 URN 605
 Ursache-Wirkungs-Diagramm 114 ff
 Ursachenanalyse **50**, 312
 USB 529
 USB-Stick 415, 418, 522
 Use-Case 372
 User Agent 614
 USP → Alleinstellungsmerkmal
 USV → Unterbrechungsfreie Stromversor-
 gung
 UTF-8 **453 f**
 UTF-16 453 f
 UTF-32 453
 Utility-Computing 614
 UTP → Unshielded Twisted Pair

V

V-Modell XT 135, 368, **369 ff**
 Validierung 369 f, 408
 van der Aalst **126**
 Variable 185, 248 f, 285 ff, 295 f, 447, **455**,
 539 ff
 VDMA 57
 Vektorrechner **513**
 Vektorregister 526
 Vendor-Managed Inventory 273
 Veranstaltung 222
 Verarbeitungsbreite 525 ff
 –, interne 527 f
 Verbesserungsmaßnahme 108
 Verbesserungsvorschlag 62, 84, 102 f, 322
 Verbindungsabbau 583
 Verbindungsaufbau 401, 583, 604 f
 Verbindungskontrolle 583
 Verbindungsqualität **570**, 612
 Verbindungsschicht 592, 598
 Verbindungssystem 511

- Verbund 63, 475, **476 ff**, 497 f
- , natürlicher 476
- Verbundattribut 477
- Verdeckte Auktion **243**, 247
- Verdeckte Höchstpreisauktion 242
- Verdeckte zweiseitige Auktion **247**
- Verdeckter Kanal 386
- Verdichtung 231, 311, 317
- Verdichtungsstufe 305
- Verdrillte Zweidrahtleitung 588
- Verdrilltes Kupferkabel **573 f**
- Vereinbarungsphase 215, 218, 239, **241**
- Verfahren **229**, 259, **386 ff**, **392**, **394 ff**, **419 ff**
- , kryptografisches 238, 384, **386**, 400 f
- Verfahrensvorschrift 285
- Verfassungsbeschwerde 425
- Verfeinerung 109 f, 144, 147, 374
- Verfügbarkeit **389**
- Vergessenwerden 433
- Vergütungsart 268
- Verhalten
- , emergentes 13
- Verhaltensmuster 296
- Verhältniskennzahl 311 ff
- Verhältnismäßigkeit 426
- Verhandlung 242, 358
- , multilaterale 242
- Verizon 419
- Verkabelung 576
- Verkauf
- , elektronischer 246
- Verkaufsabrechnung 9, 24 f, 59, 350
- Verkaufsabwicklung 9, 151, 323
- Verkaufsanalyse **317 f**
- Verkaufserlebnis 221
- Verkaufsfläche 25, 298
- Verkaufsförderung 256, 264
- Verkaufsförderungsmaßnahme 254, 273, 291
- Verkaufsgespräch 254
- Verkaufsorganisation 182, 206, **207**
- Verkaufspersonal 281
- Verkaufsraum 26, 34, 257
- Verkaufsstatistik 257
- Verkaufstransaktion 304, 316
- Verkehrstrennung 592
- Vermaschtes Netz → Maschennetz
- Vermittlermodell 74
- Vermittlungsknoten 598, 602
- Vermittlungsprotokoll 582
- Vermittlungsschicht 582, **583**, 590, 592, 596 f, 604
- Vermittlungsstelle 575 f
- Vernetzung 24, 27, **28**, 53 f, 60, 165 f, 170, 175, 375, 426, 431, 482
- Veröffentlichung 489
- Verordnung 51, 429, 434
- Versand
- , elektronischer 115
- Versandabwicklung 151
- Verschlüsselung 24, 384, 386, **397 ff**, 426
- Verschlüsselungsverfahren 391, 397 f, 411
- , symmetrisches 397
- Version
- , Alpha- **359 f**
- , Beta- 359, **360**
- , Freigabe- 359, **360**
- , Freigabekandidaten- 359, **360**, 362
- , IP- 602 f
- , Produkt- 172 f, 261, 366
- , Vorab- 359 f
- Versionsnummer 360, 602
- Versionswechsel 172
- Versorgermodell 75
- Versorgungskette → Lieferkette
- Versorgungsspannung 518, 520
- Verstärkerstation 590
- Versteigerung → Auktion
- Versuch 284, 545
- Verteilerknoten 590
- Verteilter Denial-of-Service-Angriff 389
- Verteiltes Datenbanksystem 86, **497**
- Verteiltes System 496 ff, 578
- Verteiltes Transaktionsverzeichnis 407 ff
- Verteilung 79, 122, 181, 228, 233, 347, 350 f, 498, 515
- Vertikal integriertes Informationssystem **8**
- Vertikale Integration **8**, 170
- Vertikaler Markt 239, **240**
- Vertikales Marktinformationssystem 218
- Vertrag 240, 243, 246, 323, 371, 406, 408, 429, 432
- , digitaler 408
- Vertragsabschluss 59, 240

- Vertragsformulierung 215
 Vertrauensunterstützender Dienst 220, 227, **232 f**
 Vertrauenswürdige Instanz 404, 466
 Vertrauenswürdigkeit 234, 428
 Vertraulichkeit 385, **386, 397**, 411, 425, **426**, 431
 Vertrieb **204 ff**, 262 *f*, **303**
 –, Direkt- 74, 262
 –, Herstellerdirekt- 262
 –, indirekter 74, 225, 262 *f*
 –, Internet- 236, 256 *f*, 262 *f*
 Vertriebsbeauftragter **85**
 Vertriebsbereichsschlüssel 206
 Vertriebsgesellschaft 182, 188, 206
 Vertriebskomponente 205
 Vertriebskosten 225
 Vertriebslinie 206
 Vertriebspartner 73, 172
 Vertriebspartnermodell 74
 Vertriebssystem 364, 534
 Vertriebsweg 31, 188, 206 *f*, 215, 237, 257, 260
 Vervielfältigung 222
 Vervielfältigungskosten 222 *f*
 Verwaltungsaufwand 398
 Verwaltungskosten 327
 Verweis 149, 232, 457 *ff*, 472 *f*, 542, 605
 Verweissfeld 460
 Verweisstruktur 232
 Verwendungszweck 604
 Verzeichnis 149, 182, 202, 407, 554
 Verzeichnisdienst 613
 Verzeichnisserver 599, 611
 Verzögerung 43, 323, 511, 555, 569
 Verzweigung 96, 153 *f*, 362
 Verzweigungspunkt 395
 VHS 223
 Vickrey-Auktion 242, **243 ff**
 Videoclip 514
 Videokonferenz 7, 62 *f*
 Videokonferenzanwendung 570
 Videoplattform 63
 Videotelefonie 65
 Vieraugenprinzip 177
 Vierkernprozessor 514, **526**
 View → Benutzersicht
 Virales Marketing **267**
 Virenerkennung 419
 Virens Scanner 62, 419 *f*
 Virtualisierung **556 ff**
 Virtuelle Gemeinschaft 87, 220, 226, 252, 256
 Virtuelle Organisation **17**
 Virtuelle Realität 24, 26, **27**, 45
 Virtuelle Welt 27
 Virtueller Arbeitsspeicher 553 *f*
 Virtueller Einkaufswagen 259
 Virtueller Speicher **553**
 Virtuelles Objekt 27
 Virus 267, 417, 419
 Vision 36, 70, 72, 327, **328**, 340 *f*, 356
 Visualisierung **289**, 314
 Visueller Prototyp 359
 VMI → Vendor-Managed Inventory
 Vokabular 1, 256, 489 *ff*
 –, kontrolliertes 489, 492
 Volkszählung 425
 Volkszählungsurteil 425
 Vollkostenrechnung 185
 Vollständige Partizipation 158 *f*
 Vollständigkeit 9, 70, 384
 Volltextdatenbank **231**
 Volltextsuche 229
 von-Neumann-Architektur 511 *ff*
 von-Neumann-Flaschenhals 512
 Vorabversion 359 *f*
 Vorgängerknoten 459 *f*
 Vorgehensmodell 71, 234, 327, 331 *f*, 350, **367 ff**
 Vorhersage 84, 193, 276, 283, 287, 295, 323
 Vorschlag 62, 83, 102, 104, 117, 276, 286, 301, 326
 Vorzeichen 444, **446 ff**
 Vorzeichenbit 446, 448
 Vtiger CRM 346

W
 W3C → World Wide Web Consortium
 Wählerbeeinflussung 70
 Wahlfreie Zugriffskontrolle 421, **423**

- Wahlfreier Zugriff → direkter Zugriff
 Währungsschlüssel 192
 WAI → Web Accessibility Initiative
 Walmart 19, 33
 WAN **579 f**
 Wandler
 –, A/D- → Analog-digital-Umwandlung
 –, D/A- → Digital-analog-Umwandlung
 Warehousing **277**
 Warenannahme 97, **193 f**
 Warenausgang 106 f, 110, 193, 277, 316
 Warenbestellung 274, 387, **483**
 Warencontrolling 317, **318**
 Wareneingang 34, 106, 110, 193, 277, 317
 Warenfluss 194, 256, 269, 318
 Warengruppe **299, 310 ff**
 Warengruppencode 427
 Warenkorb 316
 Warenkorbanalyse 290, 317
 Warennachschub 31, 273
 Warenplatzierung 25, 298
 Warenpräsentation 25, 296, 301
 Warenumschlagsstelle 192
 Warenverfügbarkeit 31, 273, 316 f
 Warenversorgung 273
 Warenverteilung 262
 Warenwirtschaft 126, **192**, 226
 Warenwirtschaftssystem 24, 300, 332
 Warenzustellung 24
 Wärmeentwicklung 507, 522, 528
 Wartbarkeit 357
 Warteschlange 35
 Warteschlangenmodell 117
 Wartezeit 63, 118, 349, 428, 526, 528, 586, 589
 Wartung 70, 80, 172, 179 f, 224, 255, 313, 342, 348, 368, 537, 545
 Wartungsanforderung 350
 Wartungsaufwand 335, 361
 Was-wäre-wenn-Szenario 322 f
 Wasserfallmodell 368
 –, klassisches 368
 Wasserlochangriff 414
 Wasserzeichen 267
 WAVE 565
 WDM-Verfahren 572
 Wearable 5, 530, 532
 Web 2.0 169, 267, 391, 427
 Web Accessibility Initiative 51
 Web-Push-Nachricht 404
 Web.de 56
 Webadresse 490, 605
 Webangebot 51, 252, 264 f, 406, 418, 610
 Webanwendung 484
 Webauftritt 28, 227 f, 248, 264
 Webbrowser 165, 253, 275, 314, 345, 414, 418 f, 428, 435, 454, 481, 488, 546, 597, 605 ff, 613 ff
 Webdesign 24, 32, 227
 Webdesigner **84**
 Webformular 118
 Webhosting 227
 Webinformationssystem 251
 Webinterface 615
 Webkatalog 220, 238
 –, hierarchischer 220
 Webklient **606 ff**, 616
 Weblog 229
 Webpräsenz 76
 Webprotokoll 401, 406
 Webressource 228, 605
 Webroboter 230 f, 265
 Webschnittstelle 362, 396
 Webserver 227, 252 f, 345, 391, 428, 497, 535, 546, 584, 597, 599, 604 ff, **610**, 613, 616
 Webservice 62, 123, 165, **170**, 174 ff, 616
 Webshop 254
 Website 32, **233 f**, 253
 Website-Gestaltung 264
 Websperre 596
 Webverzeichnis → Webkatalog
 Webwerbemittel 266, 268
 Webwerbung 267
 Wechseldatenträger 415 f
 Wechselkosten 226
 Wechselwirkung 20, 36, 39, **40 ff**, 71
 WEEE 66
 Wegwahl 583, **586**, **592 f**, 597 ff, 613
 Wegwahlereinheit → Router
 Weiterbildung 59 f, 77
 Weiterleitung 593, 598 f
 Weiterleitungstabelle 593
 Weitverkehrsnetz 579

- Welle 565, **566 f**, 576
 –, elektromagnetische 565, **566 f**, 576
 Wellenlänge **565 ff**, 572
 Wellenlängenmultiplexverfahren → WDM-
 Verfahren
 Welt
 –, virtuelle 27
 Werbeagentur 214
 Werbeaktivität 266
 Werbeangebot 24
 Werbeblocker 267
 Werbebotschaft 254, 265 ff
 Werbebrief 250
 Werbeeinblendung 41
 Werbeeinsatz 295
 Werbeeinschaltung 266, 291
 Werbeerlös 239, 262
 Werbefläche 267 f
 Werbekampagne 281, 295
 Werbekunde 268
 Werbemittel 254, 266 f
 Werbeobjekt 265
 Werbeprospekt 266
 Werbestrategie 295
 Werbetextlink 267
 Werbeträger **265 ff**
 Werbewirkung 266
 Werbung **265 ff**
 –, Eigen- 266
 –, Internet- 265 f
 –, Kollektiv- 265
 –, Reduktions- 265
 –, Unterbrecher- 267
 –, Web- 267
 –, Zeitungs- 295
 Werkstattfertigung 196
 Werkzeug
 –, Analyse- 316
 –, Fehlerbehebungs- 361
 –, Software- 304
 Wert
 –, ganzzahliger 477, 528
 Wertabhängige Provision 240
 Wertbeitragsanalyse 114 f
 Wertebereich 156, 288, 292, 447, 486, 492,
 599
 –, gültiger 486, 492
 Werteinschränkung 471, 486
 Wertigkeit 300
 Wertigkeitsanpassung 300
 Wertkette 43, 109, **110**, 135, **151**, 179, **186**,
 211 ff, 218, **221**, 263, 268, **269**, 271, 273,
 276, **303**, 306
 Wertpapierbörse 247 f, 270
 Wertschöpfung 56, 72, 114, 213, 326, 337
 Wertschöpfungskette → Wertkette
 Wertschöpfungskettendiagramm **151 f**
 Wertschöpfungsziel 72 f
 Wettbewerb 51, 56, 246, 382, 575
 Wettbewerber 260 f, 313
 Wettbewerbsvorteil 17, 45, 80, 171, 204,
 335, 413
 Wettkampfverfahren → konkurrierendes
 Zugangsverfahren
 WhatsApp 30, 42, 63, 426 f, 434
 WHERE-Klausel 478
 Whistleblowing 70
 White-Box-Test **362 f**
 Wi-Fi → Wireless-LAN
 Wi-Fi 4 570, 588
 Wi-Fi 5 570, 588
 Wi-Fi 6 570, 588
 Wiederholung 368, 394
 Wiederverwendung 121, 357, **548**
 Wiener Linien **131**, 133, **152**
 Wii 510
 Wiki 346
 Wikimedia 230
 Wikipedia 33, 52, 87, 490
 Wildwuchs 79, 334
 Win-win-Situation 270, 272
 Windows 7 550
 Windows 10 529, 550, 557
 Wireless-LAN 567, 587, **588**, 592, 613
 Wirkungsanalyse **50**
 Wirtschaftlichkeit 93, 103, 140 f, 146, 180,
 184, 188, 351
 Wirtschaftlichkeitsprinzip 93, 336
 Wirtschaftsinformatik 1, **2 ff**, 12 ff, 39 f, 75,
 76 ff, 96, 287, 399, 481, 491, 494, 496
 Wirtschaftsinformatik-Kernberuf 81
 Wirtschaftsinformatik-Mischberuf 81
 Wirtschaftsinformatik-Randberuf 82
 Wirtschaftsspionage 69

Wirtschaftszweig → Branche
 Wissen 61, 121
 –, betriebliches 11, 21
 Wissenschaftsdisziplin 284
 Wissensmanagement 7, 373
 Wissensrepräsentation 284
 WLAN → Wireless-LAN
 WLAN-Zugangspunkt 390, 613
 Wohlgeformtes XML-Dokument **485**
 Workflow 121, 371
 Workflow-Management-System 121
 Workflowsystem 122
 Workstation 513, 531f, 565
 World Wide Web 51, 229, 231, 484, 489, 561,
 581, 594, 596f, 603, 605
 World Wide Web Consortium 51, 411, 484,
 486ff, 581
 Wort → Datenwort
 Wortbreite → Verarbeitungsbreite
 Wörterbuch 394
 Wurzel 373, 459f, 487f
 Wurzelement 487
 Wurzelknoten 459
 –, gerichteter azyklischer Graph mit 459
 Wurzelsegment 479
 WWW → World Wide Web

X

X.12 275
 X.509-Zertifikat 405, **406**
 x86-Architektur → Intel-x86-Architektur
 XBRL 483
 Xeon → Intel-Xeon-Prozessor
 Xetra 19, 247
 XING 74, 229, 427
 XML 170, 275, 454, 479ff, **482**, 484ff, 501,
 616
 XML Schema Definition **486**
 XML-Attribut 484f
 XML-Datenbank 487
 XML-Datenbanksystem 496
 XML-Dokument 482, **483ff**, 496
 –, gültiges **485**, 489
 –, wohlgeformtes **485**
 XML-Dokumenttyp 486

XML-Element 484, 487
 XML-Prozessor 485
 XML-Schema **486**
 XML-Struktur 487f
 XML-Syntax 486, 492
 XML/EDI 275
 XOR-Gatter 153
 XOR-Verzweigung 153f
 XOR-Zusammenführung 153
 XPath **488**
 XQuery **488**
 XSD → XML Schema Definition
 XSLT → Extensible Style Sheet Language
 Transformation

Y

Yahoo! 229f, 307, 389
 Yield-Management 261f
 YouTube 30, 63, 230

Z

Zahl **400**, 442ff, **445ff**
 –, ganze 58, 444, **445ff**, 477, 602
 –, negative 444, 446
 –, negative ganze 444
 –, positive ganze 444ff, 602
 Zahlendarstellung 439, 443
 Zahlensystem **443ff**
 –, dezimales **443f**
 –, duales **444**
 –, hexadezimal 445, 600
 –, oktales **445**
 Zahlenwert 446ff
 Zahlung 69, 96f, 139, 154, 177, 218, 234ff,
 262, 274, 277, 608
 Zahlungsausfall 234
 Zahlungsausgang 324
 Zahlungsdienstleister 237f
 Zahlungseingang 92f, 96, 123, 323
 Zahlungsfähigkeit 232
 Zahlungsform 235f, 323
 Zahlungsfrist 124
 Zahlungsmodalität 25, 465

- Zahlungsverkehr 18, 59, 181, 241, 323f
 Zahlungsverlust 237
 Zalando 32, 42, 74
 Zeichen 45, 71, 140, 144, 149, 154, 222, 259,
 387, 394, 397, 439ff, 449ff, 461, 477,
 538, 600
 –, ACK- 588f
 –, Binär- → Bit
 –, Euro- 452
 –, Leer- 450
 –, Sonder- 394, 450
 –, Steuer- 449f
 –, Vor- 444, **446ff**
 –, Wasser- 267
 Zeichencodierung **449**
 Zeichenfolge 164, 392f, 397, 449, 477, 609
 Zeichenkette 461, 486, 491
 Zeichenplatz 452f
 Zeichensatz 171, **449ff**, 583
 –, 8-Bit- 449, 452f
 –, Ascii- 449ff
 –, DIN- 451
 –, ISO-8859- 451ff
 –, Multibyte- 452
 –, universeller 452
 Zeichenvorrat 397, **439ff**
 Zeigegerät 27, 510
 Zeiger **457**
 Zeilenendemarkierung 583
 Zeilenorientierte Speicherung **495**
 Zeilenvorschub 450
 Zeitintervall 247, 284, 439, 552, 572, 589
 Zeitmultiplexing **572f**
 Zeitmultiplexverfahren → Zeitmultiplexing
 Zeitreihenanalyse 288, 311
 Zeitscheibenverfahren 552
 Zeitschlitz 508, 572
 Zeitstempel 316, 406, **407f**
 Zeitungswerbung 295
 Zeitzwang 196
 Zelle 521f, 577f
 –, Funk- 577f
 –, Speicher- 509, 519ff
 Zellularer Funk 573
 Zellulernetz **577f**
 Zentraleinheit **505f**, 509ff, 523, 525, 529,
 552
 Zentraler Reputationsdienst 234
 Zentralistisch verpflichtende Zugriffskontrol-
 le **421**
 Zentrallager 357
 Zentralprozessor **505**, 510, 512ff, 525f, 529
 Zentralspeicher 505, **506ff**, 526ff
 Zentrifuge 414
 Zentrum 3, 372
 Zertifikat 382, 403, **404ff**
 –, digitales 401, 403, **404f**
 Zertifizierung 135, 234, 405
 Zertifizierungsdienst **233**
 Zertifizierungsstelle 403ff
 Ziel
 –, strategisches 327, 329, 340, **341**, 350
 Zieldiagramm **145f**, 358
 Ziele der Informationsverarbeitung 2f
 Zielerreichungsgrad 13, 325
 Zielgruppe 216, **217**, **219ff**, 228, 240, 248,
 264ff
 Zielkonflikt 145, 198, 297
 Zielsystem 20, 285, 296, 389, **390**, 583f
 Zielvariable 285f
 Zielwertsuche 295
 Ziffer **293f**, 394, 439, 443ff
 Ziffernfolge 443
 Ziffernposition 443
 Ziffernvorrat 443
 Ziffernweise Codierung 447
 Ziffernwert 294, 443ff
 Zoho 346
 Zoll 214
 Zollabfertigung 274
 Zugang **51f**, **416**
 –, Internet- 51f, 60, 62, 75, 227
 –, unbefugter **416**, 431
 Zugangsanbieter 227
 –, Internet- 52
 Zugangsinformation 388, 415
 Zugangsnetz 575
 Zugangspunkt 587, 613
 –, WLAN- 390, 613
 Zugangsschutz 523
 Zugangsverfahren 583, 586f
 –, deterministisches → koordiniertes Zu-
 gangsverfahren
 –, konkurrierendes 586

- , koordiniertes 586
- , stochastisches → konkurrierendes Zugangsverfahren
- Zugriff 416
- , direkter 304
- , unbefugter 416
- , wahlfreier → direkter Zugriff
- Zugriffsberechtigung 177, 392, 411, 420, 422, 424, 434, 462 f, 551
- Zugriffshistorie 422
- Zugriffskontrolle 177, 192, 386, 391, **392**, **421 ff**
- , diskrete 421
- , regelbasierte 421
- , rollenbasierte **422 f**
- , wahlfreie 421, **423**
- Zugriffskontrollmodell 382, 392, 421 f
- Zugriffsmethode 554
- Zugriffspfad 462, 469
- Zugriffsrecht
- , exklusives 551
- Zugriffsschutz 306
- Zugriffsverfahren 462, 583
- Zugriffszeit 178, 462, 465, 469, 505, 510, 517 ff, 527
- Zukunftssicherheit 344
- Zulieferer 5, 56 f
- Zurechenbarkeit 386, 391, **392**
- Zusammenarbeit 7 f, **16 f**, **277**
- Zuschlag 243 ff
- Zusicherung 100
- Zustelldienst 336
- Zustellung 254, 260, 611
- Zustimmungserklärung 427
- Zutrittsberechtigung 411
- Zutrittskontrolle 428
- Zuverlässigkeit 239
- Zuweisung 122, 230 f, 281, 572
- ZVEI-Kennzahlensystem 326
- Zweckbindung 431
- Zweidrahtkupferleitung → Zweidrahtleitung
- Zweidrahtleitung 566, 573 f, 588
- , verdrehte 588
- Zweierpotenz **442**, 444, **445**
- Zweifaktorauthentifizierung **396**
- Zweigüberdeckungstest 362
- Zweikernarchitektur 514
- Zweiseitige Auktion 247 f
- Zweitpreisauktion → Vickrey-Auktion
- Zwilling
- , digitaler **126**
- Zwischenbetriebliches Informationssystem 1, **17**, 19, 212, 218 f, 250, **268 ff**
- Zwischencode 541 ff
- Zwischenhändler 248
- Zyklenfreiheit 458 f
- Zykluszeit 510, 518 f, 528